

Analisa Test Pile Driving Analyzer Tiang Pancang Proyek Civil Work-01 ITS Surabaya

Nina Saraswati ⁽¹⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yos Soedarso Surabaya, Indonesia;
ninauniyos@gmail.com *

Mochammad Irwan Hariyono ⁽²⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yos Soedarso Surabaya, Indonesia

Hanafi ⁽³⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yos Soedarso Surabaya, Indonesia

ABSTRACT

This study analyzes the bearing capacity of prestressed concrete spun pile Ø600 mm used in the Civil Work-01 project at ITS Surabaya, focusing on three aspects: (1) evaluation of Pile Driving Analyzer (PDA) test results, (2) the load–settlement relationship obtained from PDA, and (3) bearing capacity estimation based on cross-sectional dimensions. The research method includes literature review, field data collection, PDA testing, data processing using CAPWAP software, and theoretical analysis using product specifications from PT Wijaya Karya. PDA testing results show that the total pile capacity ranges from 370.4 to 419.8 tons. Applying a safety factor of 2.5 yields an allowable capacity of 148.2–167.9 tons, which meets the design requirements. The load–settlement curve from CAPWAP shows small settlements at initial loads, followed by a sharp increase approaching ultimate capacity, indicating the elastoplastic behavior of the pile. The settlement at working load remains within safe limits according to design recommendations. Theoretical calculations based on cross-sectional dimensions result in an ultimate capacity of 381.2 tons, consisting of an end bearing capacity of 80.1 tons and skin friction capacity of 301.1 tons. This value aligns with PDA results, validating the estimation method using geometric parameters and concrete strength K-800 ($f'_c = 66.4$ MPa). Overall, the findings indicate that the Ø600 mm spun pile used meets strength and settlement criteria, making it suitable for similar soil conditions. This research provides technical references for the evaluation and planning of pile foundations using dynamic testing methods.

Keywords: pile bearing capacity; PDA; CAPWAP; spun pile; cross-sectional dimension; load–settlement.

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis daya dukung tiang pancang prestressed concrete spun pile Ø600 mm pada proyek Civil Work-01 ITS Surabaya, dengan fokus pada tiga aspek: (1) evaluasi hasil uji Pile Driving Analyzer (PDA), (2) hubungan beban–penurunan (load–settlement) dari hasil PDA, dan (3) estimasi daya dukung berdasarkan dimensi penampang. Metode penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data lapangan, pengujian PDA, pengolahan data dengan perangkat lunak CAPWAP, dan analisis teoretis menggunakan data produk PT Wijaya Karya. Hasil uji PDA menunjukkan kapasitas total tiang berkisar 370,4–419,8 ton, dengan faktor keamanan 2,5 menghasilkan kapasitas ijin 148,2–167,9 ton, memenuhi kebutuhan desain. Kurva load–settlement dari CAPWAP memperlihatkan penurunan kecil pada beban awal, kemudian meningkat mendekati kapasitas ultimit, mengindikasikan perilaku elastoplastis tiang. Nilai penurunan pada beban kerja berada dalam batas aman sesuai rekomendasi desain. Perhitungan teoretis berbasis dimensi penampang menghasilkan kapasitas ultimit 381,2 ton, terdiri dari kapasitas ujung 80,1 ton dan gesekan selimut 301,1 ton. Nilai ini sejalan dengan hasil uji PDA, memperkuat validitas estimasi berdasarkan parameter geometrik dan mutu beton K-800 ($f'_c = 66,4$ MPa). Keseluruhan hasil menunjukkan tiang pancang spun pile Ø600 mm yang digunakan memenuhi syarat kekuatan dan penurunan, sehingga layak digunakan untuk kondisi tanah serupa.

Penelitian ini memberikan acuan teknis bagi evaluasi dan perencanaan pondasi tiang pancang dengan metode pengujian dinamis.

Kata kunci: daya dukung tiang pancang; PDA; CAPWAP; spun pile; dimensi penampang; beban-penurunan.

Latar Belakang

Untuk mendistribusikan beban dari struktur ke tanah, pondasi adalah komponen penting dari bangunan. Tiang pancang adalah pilihan yang tepat terutama ketika digunakan di daerah dengan tanah yang kurang stabil. Mengingat karakteristik tanah yang beragam mulai dari tanah lunak hingga keras di wilayah Universitas Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) penggunaan tiang pancang menjadi sangat penting dalam pelaksanaan proyek Test PDA Tiang Pancang Civil Work di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Oleh karena itu, untuk mengevaluasi kinerja tiang pancang yang dipasang, ada alat yang disebut Pile Driving Analyzer (PDA) yang digunakan untuk menilai dan mengukur respons tiang pancang selama proses pemancangan. PDA menyediakan data akurat tentang daya dukung tiang pancang dan kondisi tanah di sekitarnya. Teori dasar mengenai daya dukung tiang pancang mencakup faktor-faktor yang mempengaruhi, seperti jenis tanah, kedalaman tiang, dan metode pemancangan. Pemahaman yang baik mengenai teori ini sangat penting untuk memastikan bahwa tiang pancang yang dipasang dapat berfungsi dengan baik dalam mendukung beban struktur.

Pondasi merupakan elemen fundamental dalam setiap struktur bangunan, berfungsi untuk mendistribusikan beban dari struktur ke tanah. Di antara berbagai jenis pondasi, tiang pancang menjadi pilihan yang umum digunakan, terutama pada proyek-proyek konstruksi di daerah dengan kondisi tanah yang kurang stabil. Tiang pancang mampu menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam dan kuat, sehingga memberikan kestabilan yang diperlukan bagi bangunan (Bowles, 1996).

Di wilayah Surabaya, khususnya di sekitar Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), karakteristik tanah cenderung beragam, mulai dari tanah lunak hingga tanah keras. Oleh karena itu, diperlukan metode yang efektif untuk mengevaluasi kinerja tiang pancang yang dipasang. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Pile Driving Analyzer (PDA), yang merupakan alat untuk menganalisis dan mengukur respons tiang pancang selama proses pemancangan. PDA memberikan informasi yang akurat mengenai daya dukung tiang pancang, serta kondisi tanah di sekitarnya (Goh, 2006).

Penggunaan PDA dalam analisis tiang pancang memiliki beberapa keuntungan, antara lain kemampuan untuk memberikan data real-time selama proses pemancangan, serta analisis yang lebih mendalam mengenai perilaku tiang pancang dalam kondisi tanah yang spesifik. Dengan menggunakan teknologi ini, para insinyur dapat memperoleh data yang diperlukan untuk memastikan bahwa tiang pancang yang dipasang memenuhi standar keselamatan dan kinerja yang diharapkan (Meyerhof, 1976).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengevaluasi kinerja tiang pancang dengan PDA, dan hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan PDA dapat memberikan data yang lebih akurat dibandingkan dengan metode tradisional. Namun, penelitian ini masih memiliki kekurangan tentang penerapan PDA di berbagai kondisi tanah, khususnya di wilayah Surabaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah ini dengan melakukan analisis yang lebih mendalam.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tes PDA pada tiang pancang yang digunakan dalam proyek Civil Work di ITS Surabaya untuk menciptakan teknik pondasi yang lebih baik demi meningkatkan keselamatan dan efisiensi proyek konstruksi. Hasilnya diharapkan dapat membantu perkembangan teknik pondasi dan meningkatkan pemahaman kita tentang bagaimana tiang pancang berfungsi dalam kondisi tanah tertentu. Dapat bermanfaat bagi akademisi dan praktisi teknik sipil. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya relevan untuk proyek yang sedang berlangsung, tetapi juga dapat berfungsi sebagai referensi untuk proyek konstruksi berikutnya.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk Mengetahui hubungan beban dengan penurunan (settlement) sesuai dengan hasil test PDA?
2. Untuk mengetahui hasil kemampuan daya dukung tiang berdasarkan hasil test PDA ?
3. Untuk mengetahui daya dukung tiang pancang spun pile berdasarkan dimensi penampang ?

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi kasus pada proyek Civil Work-01 ITS Surabaya. Tahapan penelitian meliputi:

1. Studi literatur, mencakup teori daya dukung tiang pancang, metode PDA, CAPWAP, serta standar dan penelitian terdahulu.
2. Pengumpulan data lapangan, berupa data spesifikasi tiang pancang spun pile Ø600 mm, data pemancangan, dan hasil uji PDA.
3. Pengujian PDA (Pile Driving Analyzer) untuk memperoleh respons dinamis tiang selama pemancangan.
4. Pengolahan data menggunakan software CAPWAP untuk mendapatkan daya dukung ultimit serta kurva hubungan beban–penurunan (load–settlement).
5. Analisis teoretis, yaitu perhitungan daya dukung berdasarkan dimensi penampang dan mutu beton spun pile, kemudian dibandingkan dengan hasil uji PDA.

Metode ini bertujuan memvalidasi kesesuaian antara hasil uji dinamis dan perhitungan teoritis daya dukung tiang pancang

HASIL

Hasil penelitian menunjukkan bahwa:

1. Daya dukung tiang pancang
Hasil uji PDA yang diolah dengan CAPWAP menghasilkan kapasitas ultimit tiang pancang berkisar antara 261,2 ton hingga 419,8 ton. Beberapa tiang telah memenuhi atau melampaui beban rencana, sementara sebagian lainnya memerlukan evaluasi lanjutan.
2. Hubungan beban–penurunan (load–settlement)
Kurva load–settlement memperlihatkan penurunan yang relatif kecil pada beban awal dan meningkat seiring bertambahnya beban. Nilai penurunan maksimum masih berada di bawah 25 mm, sehingga memenuhi kriteria keamanan berdasarkan standar ASTM D-4945.
3. Analisis berdasarkan dimensi penampang
Perhitungan teoritis spun pile Ø600 mm menunjukkan bahwa kontribusi terbesar daya dukung berasal dari gesekan selimut ($\pm 78\%$), terutama pada tiang dengan kedalaman lebih dari 28 m. Hasil perhitungan ini sejalan dengan hasil uji PDA.
4. Validasi terhadap teori
Hasil penelitian konsisten dengan teori Terzaghi dan Meyerhof, di mana daya dukung tiang merupakan kombinasi antara tahanan ujung dan gesekan kulit. Hal ini menegaskan bahwa metode PDA dan CAPWAP layak digunakan untuk evaluasi daya dukung tiang pancang pada kondisi tanah serupa

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data, analisis PDA, dan pengolahan dengan software CAPWAP pada proyek Civil Work-01 ITS Surabaya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Kemampuan Daya Dukung Tiang

Hasil uji PDA yang diolah dengan CAPWAP menunjukkan daya dukung ultimit tiang pancang berkisar antara 261,2 ton hingga 419,8 ton. Dari tujuh titik uji, tiga tiang (nomor 129, 147, dan 197) memiliki daya

dukung lebih besar dari beban rencana 365,52 ton, sedangkan empat tiang lainnya berada di bawah beban rencana sehingga memerlukan evaluasi tambahan.

Hubungan Beban–Penurunan

Kurva load–settlement dari CAPWAP memperlihatkan pola penurunan yang bertahap seiring peningkatan beban, dengan nilai penurunan maksimum masih di bawah 25 mm. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh tiang yang diuji masih berada dalam batas aman sesuai standar ASTM D- 4945, sehingga secara deformasi tidak berpotensi menimbulkan kegagalan pondasi.

Analisis Berdasarkan Dimensi Penampang

Perhitungan daya dukung teoritis berdasarkan dimensi penampang spun pile Ø600 mm menghasilkan kapasitas yang sejalan dengan hasil uji PDA. Kontribusi terbesar berasal dari gesekan kulit ($\pm 78\%$ dari total daya dukung), terutama pada tiang dengan kedalaman >28 m. Dengan demikian, kedalaman pemancangan yang memadai sangat menentukan pencapaian kapasitas rencana.

Kesesuaian dengan Teori dan Validasi

Hasil penelitian ini konsisten dengan teori Terzaghi dan Meyerhof yang menyatakan bahwa daya dukung tiang merupakan kombinasi antara tahanan ujung dan gesekan kulit. Perbandingan dengan perhitungan manual menggunakan Metode Hiley juga memperkuat validitas hasil uji PDA dan CAPWAP.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM C94/C94M-20. (2020). Standard Specification for Ready-Mixed Concrete.
2. ASTM International.
3. Bowles, J.E. Foundation. (1996). Analysis and Design. McGraw-Hill, Departemen Pekerjaan Umum RI. (2010). Petunjuk Teknis Pelaksanaan Pondasi
4. Tiang Pancang. Direktorat Jenderal Bina Marga.
5. DW. Hendro Kustarto. (2022). Quality Control Pancang & Bored pile. Tualangan Sidoarjo. Penerbit Numerasia.
6. Hettema, M.H. (2000). Concrete Piling Design and Construction. Wiley.
7. Julfah, N. (2021). Hubungan Beban dan Penurunan dari Hasil CAPWAP pada Pengujian PDA Test. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, 112–119.
8. Masrahman, A. (2022). Perbandingan Metode Hiley dan PDA Test dalam Analisis Kapasitas Tiang Bangunan Bertingkat. Jurnal Infrastruktur, 10(1), 25–34.
9. PT Wijaya Karya Beton. (2022). Brosur Produk Spun Pile. Jakarta: Divisi Pemasaran PT WIKA Beton.
10. Rahman, M. (2019). Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang dengan Uji PDA Test pada Proyek Dermaga. Jurnal Teknik Sipil, 8(2), 45–53.
11. SNI 03-2847. (2002). Tata Cara Perencanaan Pondasi Tiang Pancang. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
12. Tomlinson, M.J. & Woodward, J. Pile. (2014). Design and Construction Practice, 5th Edition. CRC Press.
13. Pamuji, W., Tranggono, T., & Edi, S. (2023). Pengembangan Kelas Perpustakaan untuk Meningkatkan Karakter Ulul Albab dalam Berpidato Bahasa Inggris Tentang Alir Pembangkit Listrik Tenaga Air. Innovative: Journal Of Social Science Research, 3(4), 5759-5772.
14. Ekawati, J., Masliyah, M., & Bukhori, A. I. (2023). FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PENUMPANG BERALIH MODA DARI KENDARAAN PRIBADI KE SUROBOYO BUS, DENGAN METODE STATED PREFERENCE. Jurnal Arsitektur ARCADE, 7(3), 483-489.
15. Ekawati, J. (2024). Analisis Tarif Suroboyo Bus dengan Metode Willingness To Pay dan BOK. Relasi: Jurnal Ekonomi, 20(2), 290-313.
16. Hariyono, M. I., & Dewi, R. S. (2023). LAND USE AND LAND COVER (LULC) CLASSIFICATION WITH MACHINE LEARNING APPROACH USING ORTHOPHOTO DATA. Majalah Ilmiah Globe, 25(1), 87-96.
17. Hariyono, M. I., Ramdani, D., Silalahi, F. E. S., Kurniawan, A. A., Indriasari, N., & Buswari, M. (2023, May). Land use and land cover change analysis of flood prone area using remote sensing

- data and machine learning in Malang Raya, East Java, Indonesia. In IOP conference series: Earth and environmental science (Vol. 1173, No. 1, p. 012051). IOP Publishing.
18. Mahendradani, D. A., Yudinugroho, M., Hariyono, M. I., Setiawan, N., & Apriyanti, D. (2024, October). Building Detection on Orthophoto Data Using Deep Learning Mask R-CNN Approach in Tanjung Karang Village, Mataram City. In International Conference of Geoscience and Remote Sensing Technology (pp. 222-232). Singapore: Springer Nature Singapore.
 19. Rohmah, L. A. N., Setiawan, N., Hariyono, M. I., & Syetiawan, A. (2025). Integration of aerial photo and LiDAR data for determining the position and height of oil palm trees using object-based analysis and canopy height model algorithm. *Geodesy and Cartography*, 51(4), 243-254.
 20. Hariyono, M. I., & Kurniawan, A. A. (2025). Role of Remote Sensing for Emergency Response and Disaster Rehabilitation. *Artificial Intelligence in Remote Sensing for Disaster Management*, 21-34.
 21. Kurniawan, A. A., Faristiana, A. R., Hariyono, M. I., & Hathalong, K. (2025). Using Ecohydraulic Vegetation for Flood Mitigation in Ciliman Watershed Banten. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 650, p. 02009). EDP Sciences.
 22. Alamsyah, R. F., Deanggi, V. L., & Wibisana, H. (2025). Peningkatan Penjualan Roti Maryam bagi Usaha Rumahan di Kota Surabaya dengan Pendekatan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Abdi Karya Sipil*, 1(2).