Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi e-ISSN: 2549-4236, p-ISSN: 1411-8939
Lembaga Penellitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Vol 25, No 1 (2025): Februari, 930-935
DOI: 10.33087/jiubj.v25i1.6049

Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Menggunakan Metode *Pile Driving Analyzer* (PDA) (Studi Kasus: Jembatan Rengas, Kabupaten Batang Hari)

Emelda Raudhati
Teknik Sipil Universitas Batanghari
Correspondence: emeldaraudhati@gmail.com

Abstract. *Foundation as an important element to bear loads and transfer them to the ground. Foundation design considers various aspects, especially soil conditions, to ensure the bearing capacity and stability of the structure. The Pile Driving Analyzer (PDA) method is a testing technique used to assess the bearing capacity of pile foundations through dynamic load analysis. The analysis is performed using the "Case Method" for axial bearing capacity calculation, which is then analyzed using CAPWAP software, in accordance with ASTM D4945 (Standard Test Method for High Strain Dynamic Testing of Deep Foundations). The research was conducted at the construction site of the Rengas Bridge in Batanghari District, Jambi. The results show that the actual bearing capacity (Ru) of piles A1-P8 and A1-P9 are 137 tons and 270 tons, respectively, while the skin friction (Rs) values are 37 tons for A1-P8 and 103 tons for A1-P9. Additionally, the tip resistance (Rt) for piles A1-P8 and A1-P9 are 100 tons and 167 tons, respectively. The results indicate that pile A1-P9 has a higher bearing capacity compared to pile A1-P8, both in terms of skin friction and tip resistance, suggesting a significant difference in load-bearing capacity between the two piles.*

Keywords: *PDA Method, Case Method, CAPWAP Program, ASTM D4945*

PENDAHULUAN

Pondasi sebagai elemen penting dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk memikul beban bangunan lain diatasnya. Perencanaan pondasi yang baik tergantung pada berbagai aspek, salah satunya kondisi tanah. Pondasi yang kokoh dan tepat sangat penting dalam memastikan stabilitas bangunan.. Penyaluran beban dari struktur atas ke pondasi memperhitungkan daya dukung dan penurunan yang terjadi (Yusti & Fahriani, 2014).

Metode *Pile Driving Analyzer* (PDA) adalah teknik pengujian yang digunakan untuk menganalisis daya dukung pondasi tiang melalui uji beban dinamis. Metode ini dikembangkan untuk memberikan informasi yang akurat mengenai kapasitas tiang dan kondisi tanah di sekitarnya, serta untuk mengevaluasi integritas struktur tiang setelah proses pemancangan. PDA mengandalkan data yang diperoleh dari *strain transducer* dan *accelerometer* untuk merekam gaya dan kecepatan saat tiang dipukul oleh palu dengan berat tertentu. Hasil pengujian ini mencakup kapasitas tiang, penurunan, dan energi palu yang digunakan dalam proses pemancangan (Ardiansyah dkk, 2024).

Pengujian dengan metode PDA umumnya dilakukan setelah tiang memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan dampak dari palu. Hal ini penting agar data yang diperoleh dapat diandalkan untuk perencanaan dan evaluasi daya dukung pondasi. Selain itu, metode ini digunakan untuk membandingkan hasil pengujian dengan metode lain seperti *Cone Penetration Test* (CPT) *dan Standard Penetration Test* (SPT), sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi tanah (Siregar dkk, 2023)

Perhitungan dinamik daya dukung aksial PDA test dengan metode "*Case Method*". Dari nilai rata-rata pada sinyal yang terukur *force* dan *velocity* pada data PDA yang mencakup *final displacement*, mm (DFN); kapasitas tiang termobilisasi menggunakan *Simplified Case Method, to (RMX)*; energi maksimum yang ditransfer ke tiang selama tumbukan, tm (EMX). Selanjutnya dianalisis dengan CAPWAP analysis yaitu proses menggabungkan pengukuran *Case Method* dengan analisis numerik tipe persamaan gelombang. Menggunakan pengukuran sebagai fungsi *input*, model tanah disesuaikan sehingga respons yang dihitung sesuai dengan respons yang diukur, sebagai pencocokan. Proses ini dilakukan dengan menghimpitkan grafik *force* dan *velocity* pada uji PDA. Memasukkan parameter-parameter besarnya nilai gesekan tanah, tahanan ujung, faktor damping dan parameter lain yang

ada di dalam program dimana hasil analisa dapat diambil jika *Match Quality* (MQ) < 3.

Penelitian Prasetya & Hadi (2023) mengenai pengujian *Pile Driving Analyzer* (PDA) pada P51A mengungkapkan bahwa daya dukung tiang sudah memenuhi dari beban ijin tekan *x safety factor* (2,5%) pada Proyek Pembangunan Tol Yogyakarta-Bawen. Hasil penelitiannya menunjukkan telah memenuhi dari syarat minimum ketetapan proyek. Grafik uji PDA dengan analisis perhitungan yang dilakukan terkait identifikasi *bored pile* P51 BP0, tiang pondasi dalam kondisi yang bagus dan memenuhi dari standar spesifikasi proyek. Penelitian Haryadi & Prakoso (2023) memperoleh hasil pengujian yaitu lebih rendahnya hasil uji *PDA test* dibandingkan dengan hasil tekan pada alat HSDP disebabkan pada *final set* yang terjadi (DFN>2,50 mm/blow), tiang tertanam yang lebih pendek dan juga dipengaruhi oleh nilai tahanan *ultimate friksi* (Rs) yang terlihat pada pola penyebaran di grafik tidak seragam atau lebih mengelompok. Penelitian sekarang ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung pondasi tiang menggunakan perangkat lunak CAPWAP sebagaimana peraturan ASTM D4945 (*Standard Test Method for High Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*) dengan *Case Method* dan program CAPWAP pada Jembatan Rengas, Kabupaten Batang Hari.

METODE

Metode penelitian dimulai dengan pengamatan dan pengumpulan data secara langsung di lapangan dengan pengujian dan analisis, pengujian dinamis daya dukung pondasi tiang (*Pile Dynamic Load Testing*) dilakukan sebagaimana peraturan ASTM D95 (*Standard Test Method for high strain dynamic testing of deep foundations*) dengan menumbuk ulang tiang pancang dengan sumber tumbukan yang memadai sebanyak kira-kira 1-10 kali (*blows*). Proses tumbukan dihentikan setelah diperoleh kualitas rekaman yang cukup baik dan energi tumbukan yang relatif tinggi (Haryadi & Prakoso, 2023).

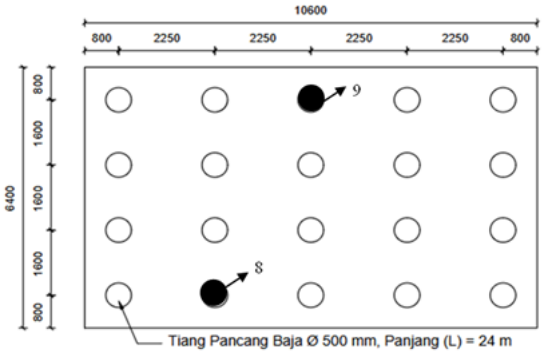
Dengan demikian, jumlah tumbukan yang diperlukan ditentukan oleh fluktuasi besarnya energi yang sesungguhnya diterima oleh pondasi tiang, tergantung dari efisiensi sumber tumbukan *drop hammer* yang digunakan. Pelaksanaan pengujian test PDA dilaksanakan pada hari kerja, tepatnya pada hari senin, 16 Desember 2024, antara pukul 14.00 – 16.00 Wib. Lokasi penelitian di Jalan Sungai Rengas, Kabupaten Batang Hari pada Pekerjaan Pembangunan Jembatan Sungai Rengas.



Sumber: google maps

Gambar 1
Lokasi Penelitian

Pengujian dilakukan terhadap 2 (dua) *spun pile* Ø 50 cm, dimana tiang dalam keadaan sudah dipancang dengan umur minimal 7 hari, pada saat pengujian, tiang ditumbuk dengan menggunakan *drop hammer* seberat sekitar 5 ton. Pengujian dinamis didasarkan pada interpretasi gelombang, terjadi pada waktu tiang ditumbuk dengan palu (*hammer*).



Sumber: data olahan

Gambar 2
***Lay out* titik lokasi tiang pancang**

HASIL

Analisis penelitian ini menggunakan Metode Case dan Analisis CAPWAP

Berdasarkan rekaman sensor *strain transducer* yang berupa regangan dan dikonversi berdasarkan Hukum Hooke menjadi gaya (F) dan rekaman sensor accelerometer yang berupa percepatan dan diintegrasi terhadap waktu menjadi kecepatan (V) serta dikalikan terhadap impedensi (Z) sebagai konstanta sebanding (*proportionality*) yaitu teori *Case Method*, maka daya dukung pondasi tiang diperkirakan di lapangan. *Case Method* hanya memberikan

gambaran umum, perkiraan kasar dari daya dukung pondasi tiang, selanjutnya dinanalisis menggunakan program CAPWAP (Mangiri dkk, 2022).

Sebelum menjalankan program CAPWAP program, dilakukan pengecekan semua data yang di input pada saat pengujian, koreksi kecepatan gelombang (WS), proposionaliti (FVZ), keselarasan (Vt) dan faktor damping tanah (Jc) serta penurunan (DFN). Rekaman dinamis yang diperoleh dari pengujian (*Case Method*) dinalisis lebih lanjut menggunakan program *software Case Pile Wave Analysis Program* (CAPWAP). Metode ini menggabungkan persamaan gelombang (*wave equation*) dari model tiang dan tanah berdasarkan pengukuran dari metode Case. Analisis ini memberikan prediksi daya dukung pondasi tiang lebih akurat serta distribusi kekuatan lapisan tanah dan tahanan ujung dan simulasi pembebanan statik.

Hasil Pengujian dinamis daya dukung pondasi tiang (*Pile Dynamic Load Testing*) sebagaimana perkiraan Metode Case dan Analisis CAPWAP, pada metode Case terdapat dua perkiraan daya dukung pondasi tiang yaitu RMX (maksimum metode Case) yang paling umum digunakan dan RSU (*unloading* metode Case) untuk kondisi lengketan yang besar, biasanya tiang yang dalam. Nilai RMX/RSU tergantung pada faktor damping tanah (Jc), kecepatan gelombang (WS), proposionality (FVZ), keselarasan (Vt) dan penurunan (DFN). Maka besarnya daya dukung pondasi tiang adalah daya dukung yang diperoleh dari hasil analisis CAPWAP.

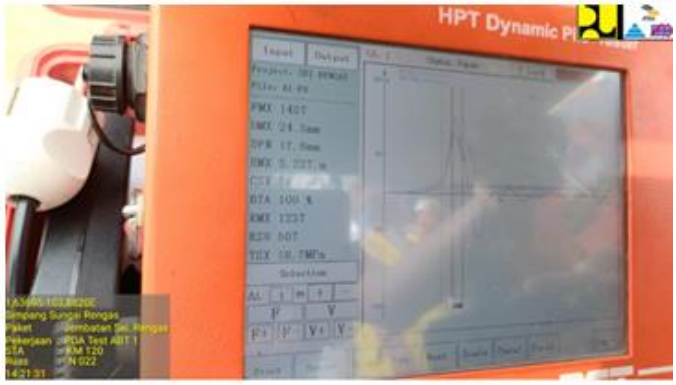
Tabel 1
Ringkasan Data dan Hasil Pengujian Pondasi Tiang

Data Pondasi Tiang dan Sumber Impact			
Lokasi Tiang		Proyek Jembatan Rengas Kabupaten Batang Hari	
No. Tiang		**A1-P8**	**A1-P9**
Tanggal Pancang		14/12/2024	13/12/2024
Tanggal Pengujian		16/12/2002	16/12/2024
Jenis tiang		SPP	SPP
Ukuran Tiang (OD-t) (mm)		500-12-CE	500-12-CE
Panjang total saat uji (m)		24	24
Panjang dari sensor (m)		23,3	23
Panjang tertanam (m)		22,9	22,8
Sumber impact: diesel-hammer		DD55	DD55
Hasil Pengujian Dinamis Pondasi Tiang			
Case Method: RMX/RSU (ton)		136/73	272/347
CAPWAP	Daya dukung aktual (Ru) (ton)	**137**	**270**
Analysis	Lengketan (Rs) (ton)	37	103
	Tahanan Ujung (Rt) (ton)	100	167

Sumber: data olahan

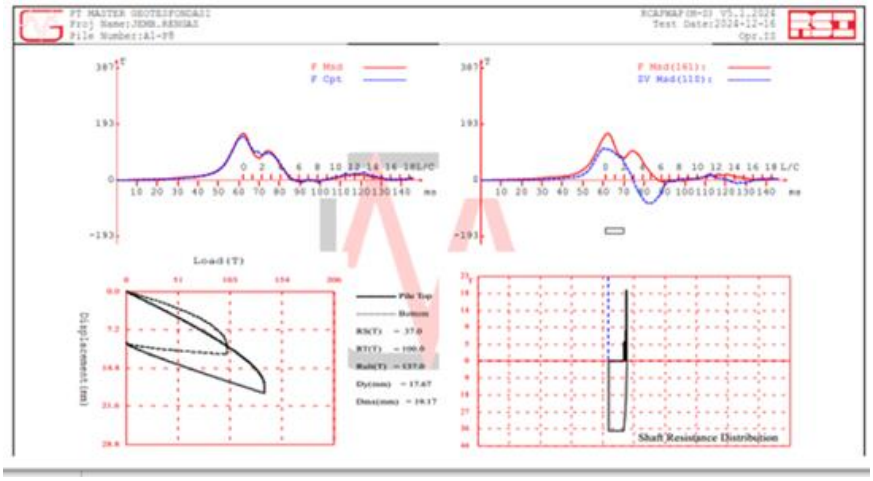
Berdasarkan Tabel 1 daya dukung aktual (Ru) pada tiang A1-P8 dan A1-P9 masing-masing adalah 137 ton dan 270 ton, sementara nilai lengketan (Rs) diperoleh 37 ton untuk A1-P8 dan 103 ton untuk A1-P9. Selain itu, tahanan ujung (Rt) untuk tiang A1-P8 dan A1-P9 masing-masing adalah 100 ton dan 167 ton. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa tiang A1-P9 memiliki daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan tiang A1-P8, baik pada nilai lengketan maupun tahan ujung yang mengindikasikan perbedaan signifikan dalam kemampuan menahan beban antara kedua tiang tersebut.

Pelaksanaan pengujian diawali dengan tahap persiapan, ada beberapa hal yang dilakukan pengeboran lubang untuk memasang sensor *strain transducer* dan *accelerometer* pada pondasi tiang, pengumpulan data yang mencakup tanggal pancang, Panjang pondasi tiang dan ukuran penampang, Panjang pondasi tiang yang masuk ke dalam tanah. Terdiri dari 4 (empat) buah sensor yaitu 2 (dua) buah *strain transducer* dan 2 (dua) buah *accelerometer* yang dipasang pada bagian atas pondasi tiang (Untuk keamanan sensor ± 1,5 kali diameter kepala ponasi tiang) berfungsi sebagai alat ukur regangan dan percepatan gelombang akibat tumbukan dari sumber tumbukan. Semua sensor dipasang pada posisi netral pondasi tiang.



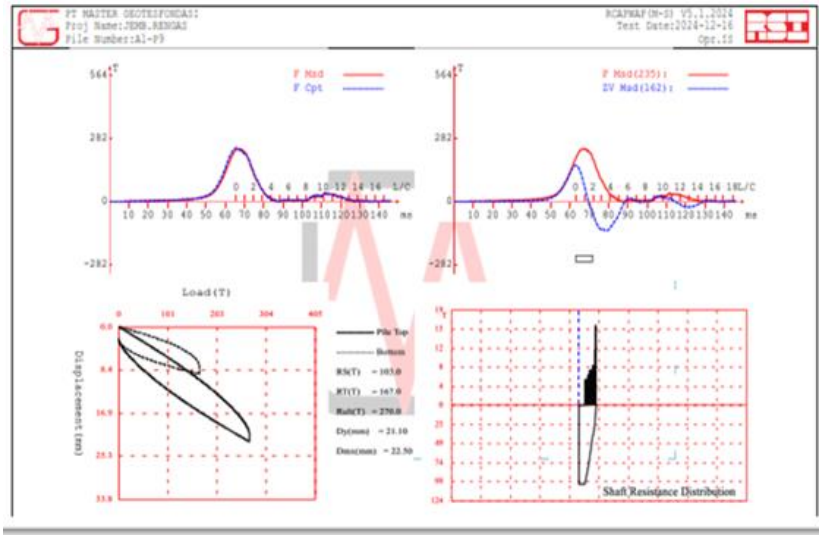
Sumber: data olahan

Gambar 3
Perangkat keras dan lunak HPT Dynamic



Sumber: data olahan

Gambar 4
Hasil Analisis CAPWAP Tiang A1-P8



Sumber: data olahan

Gambar 5
Hasil Analisis CAPWAP Tiang A1-P9

Tabel 2
Tabulasi analisis CAPWAP Tiang A1-P8

RCAPWAP RESULTS				
Soil Segment No.	**Depth Below Gages (m)**	**Depth Below Grade (m)**	**Sum Down of R (T)**	**Sum Up of R (T)**
1	1,49	1,09	0	137
2	2,58	2,17	0	137
3	3,67	3,26	0	137
4	4,76	4,34	0	137
5	5,85	5,43	0	137
6	6,94	6,51	0	137
7	8,03	7,6	0	137
8	9,12	8,69	0	137
9	10,21	9,77	0	137
10	11,3	10,86	0	137
11	12,4	11,94	0	137
12	13,49	13,03	0	137
13	14,58	14,11	0	137
14	14,67	15,2	0	137
15	16,76	16,29	0	137
16	17,85	17,37	0	137
17	1894	18,46	0	137
18	20,03	19,54	5	137
19	21,12	20,63	10	132
20	22,21	21,71	18	127
21	23,3	22,8	37	119
Toe	23,3	22,8	137	100
Total RCAPWAP Capacity : 137,0 (T) Skin Friction : 37,0 (T)				

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 2 terlihat nilai *RCAPWAP Capacity* yang diperoleh adalah 137 (T) dan nilai *skin frictions* berkontribusi sebesar 37 (T) terhadap kapasitas total, secara akumulasi nilai daya dukung aktual (Ru) yang diambil adalah 137 (T).

Tabel 3
Tabulasi analisis CAPWAP Tiang A1-P9

RCAPWAP RESULTS				
Soil Segment No.	**Depth Below Gages (m)**	**Depth Below Grade (m)**	**Sum Down of R (T)**	**Sum Up of R (T)**
1	1,49	1,09	0	270
2	2,58	2,18	0	270
3	3,67	3,27	0	270
4	4,76	4,36	0	270
5	5,85	5,45	0	270
6	6,94	6,54	0	270
7	8,03	7,63	0	270
8	9,12	8,72	5	270
9	10,21	9,81	10	265
10	11,3	10,9	15	260
11	12,4	12.0	20	255
12	13,49	13,09	26	250
13	14,58	14,18	32	244
14	14,67	15,27	39	238
15	16,76	16,36	46	231
16	17,85	17,45	53	224
17	1894	18,54	60	217
18	20,03	19,63	68	210
19	21,12	20,72	76	202
20	22,21	21,81	87	194
21	23,3	22,9	103	183
Toe	23,3	22,9	270	167
Total RCAPWAP Capacity : 270,0 (T) Skin Friction : 103,0 (T)				

Sumber: data olahan

Berdasarkan Tabel 3, data menunjukkan distribusi kedalaman tanah dan reaksi tanah terhadap beban, terlihat nilai *RCAPWAP Capacity* sebesar 270 (T) dan nilai *skin frictions* sebesar 103 (T) terhadap kapasitas total, secara akumulasi nilai daya dukung aktual (Ru) yang diambil yaitu 270 (T)

SIMPUlAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan daya dukung tiang pancang menggunakan metode "*Case Method*" untuk perhitungan daya dukung aksial, selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak CAPWAP sebagaimana peraturan ASTM D4945 (*Standard Test Method for High Strain Dynamic Testing of Deep Foundations)* terdapat dua perkiraan daya dukung aktual (Ru) pondasi tiang A1-P8 dan A1-P9 masing-masing adalah 137 ton dan 270 ton, sementara nilai lengketan (Rs) diperoleh 37 ton untuk A1-P8 dan 103 ton untuk A1-P9. Selain itu, tahanan ujung (Rt) untuk tiang A1-P8 dan A1-P9 masing-masing adalah 100 ton dan 167 ton. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa tiang A1-P9 memiliki daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan tiang A1-P8, baik pada nilai lengketan maupun tahan ujung yang mengindikasikan perbedaan signifikan dalam kemampuan menahan beban antara kedua tiang tersebut.

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.

Haryadi, D., & Prakoso, W. A., 2023. Analisa Statistik Hasil Uji Kapasitas Metode Dinamis (PDA Test) Pada Pondasi Tiang Pancang Tekan. *Wahana Teknik Sipil*, 28(1), 15–28.

Didik Haryadi, Widjojo Adi Prakoso, 2023. Analisa Statistik Hasil Uji Kapasitas Metode Dinams (PDA Test) Pada Pondasi Tiang Pancang Sistem Pancang Tekan, *Wahana Teknik Sipil*, 28(1)

Mangiri, D., Mara, J., & Tiyouw, H. C. P., 2022. Analisis Produktivitas Alat Hydraulic Static Pile Driver Pada Pembangunan Delft Apartemen Makassar. *Paulus Civil Engineering Journal*, 4(1), 71–79.

Prasetya dan Hadi, 2023. Identifikasi Pengujian Pile Driving Analyzer Pier 51A Pada Proyek Pembangunan Tol Yogyakarta – Bawean. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, 3(1)

Siregar, A. C., Yatnikasari, S., Agustina, F., Vebrian, V., & Jalil, M., 2023. Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Pancang Drop Hammer dan Jack in Pile Proyek Pembangunan SMAN 14 Samarinda. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 174–184.

Yusti, Andi, and Ferra Fahriani. 2014, Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan Capwap (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel Di Pangkalpinang). *Forum Profesional Teknik Sipil*, 2(1).