



## Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Sondir dan Kalendering pada Jembatan Talang Air Panemangan

Coco Cesar Karyatama<sup>a,\*</sup>, Dikpride Despa<sup>a</sup>, Ratna Widyawati<sup>a</sup>, Budi M. Habibi<sup>b</sup> dan Masri N.S<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Prodi Program Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

<sup>b</sup>Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung, Jl. Gatot Subroto No. 57, Bandar Lampung 35226

### INFORMASI ARTIKEL

### ABSTRAK

#### Riwayat artikel:

Diterima 10 Maret 2025

Diterbitkan 24 Juni 2025

#### Kata kunci:

Daya dukung tiang

Pondasi dalam

Uji Sondir

Uji Kalendering

PDA test

Pekerjaan pondasi dalam tiang pancang merupakan upaya untuk mendukung kekuatan struktur atas. Pengaruh besar beban yang dipikul, karakteristik tanah dan jenis bahan dapat mempengaruhi penentuan pondasi dalam yang digunakan. Untuk menghitung daya dukung tiang pancang dapat dihitung dengan metode statis yang menggunakan data sondir (SPT/CPT) dan metode dinamis yang menggunakan data uji kalendering dan uji PDA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir, uji kalendering dan uji PDA, kemudian daya dukung tiang pancang pada perencanaan sebagai verifikasi perhitungannya. Pondasi tiang yang dianalisis yaitu tiang 5 dan 6 yang merupakan tiang yang menerima beban dan tinggi pilar paling besar, dan tiang 2 merupakan tiang yang menerima beban dan tinggi pilar paling kecil. Daya dukung statis menggunakan rumus Mayerhoff, Metode Briaud, et al dan Metode L. Decourt. Sedangkan daya dukung dinamis menggunakan metode Hilley, Janbe, dan Danish. Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang telah memenuhi syarat yang memiliki daya dukung tiang melebihi nilai desain perencanaan T1 sebesar 17.24 ton, T5 sebesar 16.98 ton, dan T6 sebesar 17.47 ton Hasil pekerjaan tiang pancang talang air di BPM 6 daya dukung terpasang memiliki SF lebih besar sama dengan 1.7 sehingga konstruksi yang terpasang pada pondasi dalam talang air tersebut aman.

## 1. Pendahuluan

Jembatan talang air di BPM 9 Panemangan, Daerah Irigasi (DI) Way Rarem, memiliki peran penting dalam mendukung sistem irigasi di wilayah tersebut. Infrastruktur ini dirancang untuk mengalirkan air dari BPM 9 ke BPM 17, dengan dibangunnya talang air ini diharapkan dapat mengaliri 360 hektar sawah. Keberadaan jembatan talang air ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas pertanian dengan memastikan pasokan air yang memadai bagi para petani di sekitar kawasan tersebut.

Dalam pelaksanaan konstruksi jembatan talang air ini, tiang pancang dipilih sebagai elemen pondasi dalam yang mampu mentransfer beban dari struktur atas ke lapisan tanah yang lebih dalam dan lebih stabil. Tiang pancang merupakan salah satu komponen penting dalam konstruksi, terutama pada kondisi tanah dengan daya dukung rendah di lapisan permukaan. Penggunaan tiang pancang memberikan solusi yang efisien untuk memastikan stabilitas dan kekuatan struktur jembatan talang air.

Untuk menentukan kapasitas daya dukung tiang pancang, dilakukan analisis menggunakan dua pendekatan, yaitu metode

dinamis dan metode statis. Analisis ini bertujuan untuk mengukur kemampuan tiang pancang dalam menahan beban yang diterima, baik dari beban struktural maupun beban lingkungan. Pendekatan metode dinamis melibatkan pengukuran respons tiang pancang terhadap energi tumbukan selama proses pemancangan, sedangkan metode statis menggunakan prinsip beban bertahap untuk menguji kekuatan tiang hingga mencapai kapasitas maksimum.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan hasil yang komprehensif mengenai daya dukung tiang pancang yang digunakan pada proyek pembangunan jembatan talang air di BPM 9 Panemangan. Dengan pendekatan yang tepat, analisis ini dapat memastikan bahwa struktur jembatan talang air memiliki fondasi yang kokoh, aman, dan sesuai dengan kebutuhan desain, sehingga mampu mendukung keberlanjutan irigasi bagi lahan sawah yang dikelolanya.

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif, yaitu analisis untuk menilai suatu karakteristik dari sebuah data. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nilai daya dukung statis pondasi tiang pancang dari hasil uji Sondir menggunakan metode Mayerhoff, Metode Briaud, et al dan Metode L. Decourt. Sedangkan daya dukung dinamis pondasi tiang pancang dari

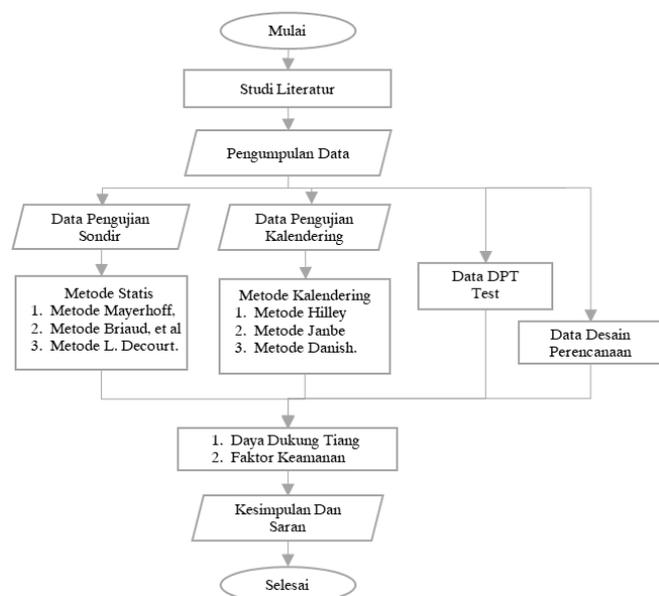
\*Penulis korespondensi.

E-mail: cococktm@gmail.com

hasil kalendering (final set) menggunakan metode Hilley, Janbe, dan Danish. Data analisis redesain perencanaan yang telah dibuat oleh Penyedia Jasa PT. Lentera Kahuripan Indonesia digunakan sebagai pembandingan nilai daya dukung rencana tiang, dan nilai PDA test sebagai verifikasi data nilai daya dukung dinamis. Titik tiang yang ditinjau yaitu tiang T2, T5 dan T6.

**2. Metodologi**

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Bagan Alir Penelitian

**2.1 Obyek Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada pembangunan jembatan talang air Bpm.9 pada proyek Peningkatan Daerah Irigasi Way Rarem (Lanjutan) pada tahun 2024. Jembatan talang air ini dilaksanakan pada tanggal 19 Maret 2024 memiliki panjang bentang 126.5 meter dengan panjang bentang 11.5 meter dilengkapi dengan 10 pilar dan 2 abutment dimana terdapat 8 tiang pancang pada 1 pilarnya. Dimensi pondasi tiang pancang 20x20 cm dan kedalaman tiang bervariasi 6-17 meter. Pada penelitian ini tiang pancang yang ditinjau sebanyak 3 titik yaitu T2-4, T5-9, dan T6-6.

**2.2 Jenis dan Sumber Data**

Data yang dikumpulkan diperoleh dari sumber yang sudah ada. Dalam menganalisa perbandingan pada pondasi tiang pancang menggunakan metode Statis, Dinamis, Analisa struktur dari hasil desain perencanaan PT. Lentera Kahuripan Indonesia (2024) dan data hasil uji PDA dari SNVT PJA (2024) sebagai verifikasi metode Dinamis. Adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- A. Profil lapisan tanah menurut data CPT
  - a. Data Sondir (CPT)
- B. Data pemancangan tiang dilapangan
  - a. Diesel hammer
  - b. Berat hammer
  - c. Tinggi jatuh hammer
  - d. Berat tiang pancang
  - e. Dimensi tiang pancang
  - f. Kuat tekan tiang pancang (fc')
  - g. Data kalendering

- C. Data PDA Test (Pile Driving Analyzer Test)
  - a. Daya dukung ujung
  - b. Daya dukung samping
  - c. Penurunan tiang
  - d. Keutuhan tiang
- D. Analisa struktur perencanaan
  - a. Reaksi Tiang
  - b. Penurunan tiang

**2.3 Teori Daya Dukung Tiang Menggunakan Metode Statis**

Menghitung kapasitas dukung tiang terdapat dua cara yaitu, secara statis dan dinamis. Kapasitas dukung tiang ultimit cara statis dihitung dengan menggunakan teori-teori mekanika tanah, biasanya menggunakan data hasil penyelidikan tanah di lapangan seperti CPT, SPT, dan data laboratorium untuk sifat fisis dan mekanis tanah.

Harga N yang diperoleh dari uji CPT diperlukan untuk memperhitungkan daya dukung tanah dengan menggunakan beberapa perhitungan berdasarkan teoritis yang ada. kapasitas dukung ultimit tiang dapat dihitung secara empiris dari nilai N hasil uji SPT. Perhitungan daya dukung dengan metode ini dibedakan berdasarkan jenis tanahnya, yaitu pada tanah non-kohefif dan tanah kohefif

**A. Metode Meyerhoff**

Daya dukung pondasi tiang dengan metode Meyerhoff dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Qp = (fp \times Ap) + (fs \times As) = \left[ 0.4 \times Np \times \left( \frac{L}{d} \right) \times Ap \right] + [0.5N \times p \times L \dots(1)$$

Keterangan :

- Qp = kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal
- fp = tahanan ujung sondir
- Ap = luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)
- fs = tahanan friksi pada selimut tiang (ton/m<sup>2</sup>)
- As = luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)
- Np = harga N-SPT terkoreksi pada elevasi dasar tiang

Nilai Np merupakan rerata nilai N-SPT 2d ke bawah dan 10d ke atas dari ujung tiang.

**B. Metode Briaud, et al**

Daya dukung pondasi tiang dengan metode Briaud, et al dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Qp = (fp \times Ap) + (fs \times As) = [19.7 Np^{0.36} \times \sigma_r \times Ap] + [0.224 N^{0.29} \times \sigma_r \times As \dots(2)$$

Keterangan :

- Qp = tapasitas Daya dukung tiang pancang tunggal
- fp = tahanan ujung sondir
- Ap = luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)
- fs = tahanan friksi pada selimut tiang (ton/m<sup>2</sup>)
- As = luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)
- σr = Tegangan referensi (10 ton/m<sup>2</sup>)

Nilai Np merupakan rerata nilai N-SPT 2d ke bawah dan 10d ke atas dari ujung tiang.

**C. Metode L Decourt**

Daya dukung pondasi tiang dengan metode Briaud, et al dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Qp = (fp \times Ap) + (fs \times As) = [k \times Np \times Ap] + [0.224 \left( \frac{Ns}{3} + 1 \right) \times As \dots(3)$$

Keterangan :

- Qp = tapasitas Daya dukung tiang pancang tunggal
- fp = tahanan ujung sondir
- Ap = luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

- $f_s$  = tahanan friksi pada selimut tiang (ton/m<sup>2</sup>)
- $A_s$  = luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)
- $k$  = koefisien dari jenis tanah (table 2)

Nilai  $N_p$  merupakan rerata nilai N-SPT 4d ke bawah dan 4d ke atas dari ujung tiang.

**Tabel 1.** Nilai koefisien k menurut L. Decourt

Jenis Tanah	Nilai k (ton/m <sup>2</sup> )
Lempung	12
Lanau berlempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir dan kerikil	40

2.4 Teori Daya Dukung Tiang Menggunakan Metode Dinamis

Kapasitas dukung tiang cara dinamis dilakukan dengan menganalisis kapasitas ultimit berdasarkan data yang diperoleh saat pelaksanaan pemancangan tiang di lapangan. Salah satu pengujian tiang di lapangan sebagai kontrol kapasitas dukung tiang yaitu dengan uji PDA (pile driving analyzer).

Pekerjaan kalendering digunakan pada pekerjaan pemancangan tiang pancang untuk mengetahui daya dukung tanah secara empiris melalui perhitungan yang dihasilkan oleh proses pemukulan alat pancang. Alat pancang disini bisa berupa diesel hammer maupun hydraulic hammer. Biasanya kalendering dalam proses pemancangan tiang pancang merupakan item wajib yang harus dilaksanakan dan menjadikan laporan untuk proyek.

Perhitungan kalendering menghasilkan daya dukung batas (dalam ton) yang dapat dihitung menggunakan metode sebagai berikut:

A. Metode Hilley

$$Qp = \frac{2WH}{s+C} + \frac{W+N^2P}{W+P} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- Qp = kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal
- W = berat palu atau ram (ton)
- P = berat tiang pancang (ton)
- H = tinggi jatuh ram
- S = Penetrasi tiang pancang pada saat penumbukan terakhir atau set (cm)
- C = rata-rata rebound untuk 10 pukulan terakhir (cm)
- N = koefisien restitusi

B. Metode Janbu, Mansur dan Hunter

$$Qp = \frac{e_h + W_r \cdot h}{K_u + S} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- $K_u = C_d [ 1 + (1 + \frac{\lambda}{C_d})^{0.5}$
- $C_d = 0.75 + 0.15 (\frac{W_p}{W_r})$
- $\lambda = \frac{e_h \cdot E_h \cdot L}{AE \cdot S^2}$

C. Metode AASHTO

$$Qp = \frac{2h \cdot (W_r \cdot Ar \cdot P)}{s+C} \dots\dots\dots(6)$$

Dengan C = 2,5 cm penggunaan satuan disesuaikan dengan konsisten. Untuk pemukul aksi dobel, Ar = luas tampang pemukul, p = tekanan uap, untuk aksi tunggal dan gravitasi ArP = 0. Nilai s diambil pada penetrasi akhir (Hardiyatmo, 2011)

D. Metode Danish

$$Qp = \frac{e_h \cdot E_h}{s+C_1} \dots\dots\dots(7)$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{e_h \cdot E_h \cdot L}{2AE}} \dots\dots\dots(8)$$

**Tabel 2.** Efisiensi Faktor dan Koefisiensi Restitusi

Jenis alat	Efisiensi alat (rated Efficiency )		Material tiang/bantalan	
	Swan &Engel	Bowles		
Single acting	0.70-0.85	0.75-1.00	Beton atau Baja	0.4-0.5
Double acting	0.70-0.85	0.85		
Diesel hammer	0.80-0.90	0.85-1.00	Kayu/tiang baja	0.3-0.4
Drop hammer	0.80-0.90	0.75-1.00	Tiang kayu	0.25-0.3

Sumber : Mulyono (2015)

2.5 Analisis Struktur Perencanaan

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan untuk review jembatan talang diperlukan data survei pendahuluan. Adapun data dari perencanaan struktur pondasi tiang yang akan dianalisis yang bersumber dari laporan struktur bangunan BPM 9 (2024) sebagai berikut:

**Tabel 3.** Hasil Data Analisis Struktur Perencanaan

Data Pondasi – Tiang & Sumber Impact				
Lokasi Tiang	Proyek Peningkatan Irigasi Way Rarem Lampung Utara			
	T2	T5	T6	
No Tiang				
Panjang Tiang	11	7	7	
Deformasi Tiang	Aksial	1.19	0.58	0.8
	Lateral	2.45	3.65	4.25
Kapasitas Tiang	Kekuatan Tanah	129.92	128.00	131.66
	Kekuatan Bahan	17.24	16.98	17.47
Tiang Pancang 2x4 dimensi pile 20x20 cm				
Pile cap dimensi 1.2 x 4.8 m				
Pier head dimensi 0.8 x 1.6 m				

PT Lentera Kahuripan Indonesia (2024) dalam spesifikasi bahan yang digunakan pada desain yaitu:

- Talang Air, Pier, dan Pile Cap
- 1. Mutu Beton, fc' = 25 Mpa
- 2. Modulus Elastisitas, Ec = 25332.08 Mpa
- 3. Mutu Baja, tulangan lebih dari D13 menggunakan U24, dan tulangan kurang dari Ø13 menggunakan U28

Tiang Pancang 20 x 20 (precast)

- 1. Mutu Beton K-500 atau setara fc' = 42 Mpa
- 2. Modulus Elastisitas, Ec= 30459.48 Mpa

Kriteria Perencanaan Jembatan Talang Air, masa layan jembatan 50 Tahun, peraturan-peraturan merujuk pada Spesifikasi Teknis dan Gambar, SNI 8460 : 2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, SNI 2833-2016 (Perencanaan Gempa untuk Jembatan), SNI 1725 : 2016 (Pembebanan untuk Jembatan), Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan alat Sondir, SNI 2827 : 2008, Pedoman No.02/P/BM/2022 tentang Pembahasan Penyelenggaraan Keamanan Jembatan Khusus

2.6 Evaluasi Daya Dukung Tiang dengan Pile Driving Analyzer Test (PDA)

Pile Driving Analyzer (PDA) termasuk salah satu pengujian pondasi dengan memberikan tumbukan/impact yang ditransfer ke pondasi-pondasi tiang selama pengujian dengan hammer

dimana pondasi tersebut telah dipasang sensor Transducer (Velocity) dan Accelerometer (Force). Tujuan dari PDA test yaitu untuk mengavaluasi daya dukung tiang, integritas/keutuhan tiang dan penurunan tiang.

Hasil Pengujian Dinamis Daya Dukung Fondasi-Tiang (Pile Dynamic Load Testing) disajikan berdasarkan perkiraan 'Metode CASE' dan 'Analisis CAPWAP', pada 'Metode CASE' antara lain terdapat dua perkiraan daya dukung fondasi-tiang yang disajikan yaitu 'RMX' (maksimum metode case) yang paling umum dipergunakan dan 'RSU' (unloading metode case) untuk kondisi lengketan yang besar, biasanya tiang yang dalam. Nilai RMX/RSU sangat tergantung pada faktor damping tanah (Jc), kecepatan gelombang (WS), proporsionaliti (FVZ), keselarasan (Vt) dan penurunan (DFN). Maka besarnya daya dukung fondasi-tiang yang direkomendasikan adalah daya dukung yang diperoleh dari hasil analisis CAPWAP, Karena analisis CAPWAP lebih akurat, detail dan lengkap, disaji pada Tabel 2.

**Tabel 4.** Ringkasan Data Hasil Pengujian Pondasi Tiang SNVT PJPA (2024)

Data Pondasi – Tiang & Sumber Impact			
Lokasi Tiang	Proyek Peningkatan Irigasi Way Rarem Lampung Utara		
No Tiang	T2-4	T5-9	T6-6
Jenis Tiang	square	square	square
Ukuran Tiang	250	250	250
Panjang Total saat uji	6	6	6
Panjang dari sensor	5.5	5.5	5.5

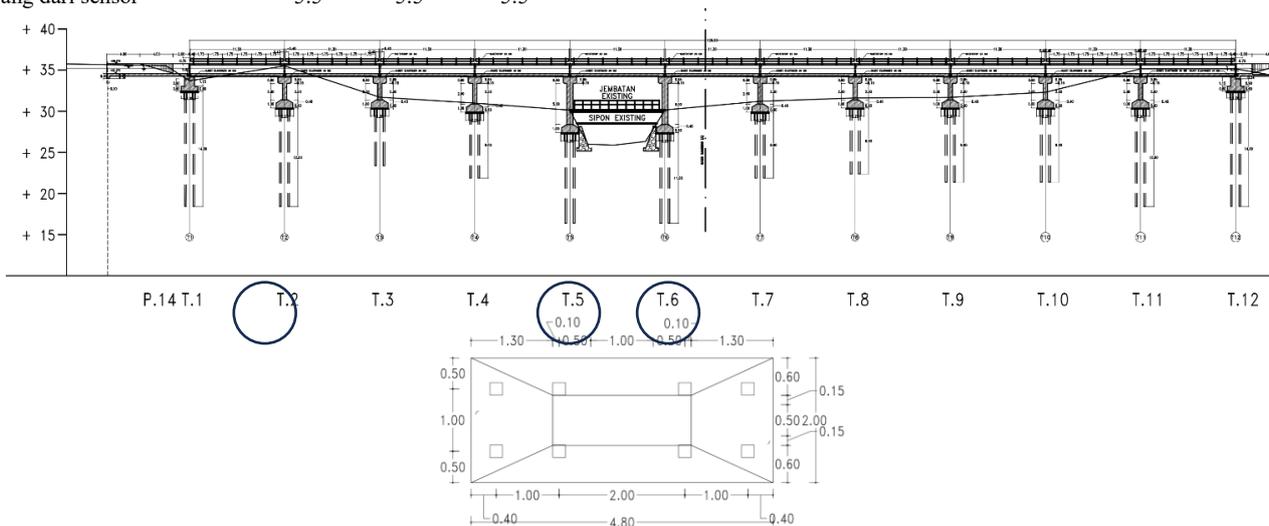
Panjang tertanam	5.3	5.3	5.3
Sumber Impact DH (ton)	1.0	1.0	1.0
Hasil Pengujian Dinamis Pondasi Tiang			
Case Method : RMX (ton)	32	50	59
Daya Dukung actual (Ru)	35	53	59
CAPWAP Analysis (ton)	10	31	34
Lengketan (Rs)			
Tahanan Ujung (Rt)	25	22	25

- Hasil pengujian ini didasarkan pada data seperti dimensi, panjang pondasi tiang dan rincian lain yang disediakan oleh pemberi tugas dan digunakan dengan itikat baik.
- Pondasi tiang #T2-4 mengalami kerusakan disekitar 5,5 m dari sensor, maka untuk memperkirakan daya dukung pondasi tiang pada analisis Capwap berdasarkan Panjang efektif (5,5 m)

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1 Analisis Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan metode statis

Analisis daya dukung tiang pancang secara statis merupakan salah satu metode perhitungan teoritis yang paling umum digunakan dalam teknik pondasi, khususnya dalam menentukan kapasitas ultimit (ultimate bearing capacity) dari tiang pancang. Perhitungan dilakukan dengan memanfaatkan data hasil uji tanah di lapangan, dalam hal ini menggunakan data uji Standar Penetration Test (SPT) pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan, yakni titik T2, T5, dan T6.



**Gambar 2.** Potongan memanjang jembatan talang air Bpm 9 struktur tiang air, titik tiang yang diteliti dan penampang dimensi pondasi tiang pancang





(c)

**Gambar 3.** (a) Dokumentasi penetrasi tiang pancang di tiang T2 menggunakan alat Drop Hammer, (b) Dokumentasi pelaksanaan Uji PDA pada tiang pancang di tiang T4, dan (c) Dokumentasi bangunan struktur talang air BPM 9

Dalam penelitian ini, digunakan empat metode perhitungan statis yaitu metode Meyerhoff, Briaud et al., L. Decourt, dan Schmertmann. Setiap metode memiliki pendekatan dan formulasi tersendiri dalam memproyeksikan nilai daya dukung ultimit tiang, berdasarkan parameter tanah yang diperoleh dari hasil SPT.

**Tabel 5.** Daya Dukung Tiang berdasarkan metode statis

Metode	No. Tiang (Ton)		
	T2	T5	T6
Meyerhoff	47.74	100.76	137.75
Briaud, et al	61.76	74.97	87.29
L. Decourt	28.68	62.70	97.75
Schmertmann	72.54	59.40	84.24

Hasil perhitungan menunjukkan variasi nilai daya dukung yang cukup signifikan antara metode satu dengan yang lain. Hal ini wajar karena perbedaan pendekatan matematis, asumsi geoteknis, serta pertimbangan terhadap distribusi tekanan dan friksi antara tiang dan tanah. Berikut ringkasan hasil dari perhitungan berdasarkan metode statis:

1. Metode Meyerhoff menghasilkan nilai daya dukung yang cukup tinggi, terutama pada titik T6 yaitu sebesar 137,75 ton.
2. Metode Briaud et al. memberikan hasil yang lebih konservatif dibanding Meyerhoff, namun masih berada dalam batas aman.
3. Metode L. Decourt cenderung menghasilkan nilai terendah dari keempat metode, terutama pada titik T2 dengan nilai 28,68 ton.
4. Metode Schmertmann menunjukkan nilai moderat namun konsisten terhadap kondisi lapangan.

Perbedaan nilai-nilai tersebut dapat digunakan sebagai alat banding dan pertimbangan teknis dalam proses verifikasi desain, mengingat karakteristik tanah di lapangan bersifat heterogen dan tidak selalu dapat dimodelkan secara ideal.

### 3.2 Analisis Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan metode dinamis

**Tabel 6.** Daya Dukung Tiang berdasarkan metode dinamis

Metode	No. Tiang (Ton)		
	T2	T5	T6
Hilley	71.26	48.92	53.45
Janbe	45.09	40.65	37.99
Danish	56.09	43.98	43.80
PDA Case Method : Test RMX	32	50	59

CAPWAP                      35           53           59  
Analysis

Selain perhitungan statis, analisis daya dukung tiang dilakukan secara dinamis menggunakan data hasil kalendering (hammer driving) dan pengujian PDA (Pile Driving Analyzer). Metode dinamis ini memberikan gambaran perilaku tiang secara langsung saat penetrasi atau pemancangan, sehingga dapat mencerminkan kondisi lapangan secara lebih aktual, termasuk pengaruh energi tumbukan, keruntuhan lokal, serta perubahan properti tanah akibat pemancangan.

Tiga metode dinamis yang digunakan adalah Hilley, Janbu, dan Danish, yang semuanya mengacu pada perhitungan energi yang diserap tiang saat pemancangan dan penurunan per satuan energi (set). Selain itu, dilakukan juga uji PDA dengan dua pendekatan, yaitu Case Method dan CAPWAP.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa:

1. Metode Hilley menghasilkan nilai tertinggi untuk titik T2 sebesar 71,26 ton.
2. Metode Janbu secara umum menghasilkan nilai paling rendah dibanding metode lainnya.
3. Nilai hasil uji PDA (baik Case Method maupun CAPWAP) memberikan hasil yang berada pada rentang menengah, dan digunakan sebagai nilai verifikasi utama karena sifatnya yang aktual dan berdasarkan pengukuran langsung.

Perbedaan antara hasil kalendering dan PDA test, khususnya di titik T2, dikarenakan adanya kerusakan tiang saat dilakukan pengujian PDA. Hal ini penting dicatat karena menunjukkan bahwa urutan pelaksanaan dan kondisi fisik tiang mempengaruhi hasil uji yang signifikan..

### 3.3 Pembahasan

Studi ini dilakukan pada struktur jembatan talang air BPM 9 yang dibangun menggunakan fondasi dalam berupa tiang pancang. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan berbagai metode statis, metode dinamis, serta hasil pengujian lapangan (PDA test) terhadap desain awal yang dirancang oleh PT. Lentera Kahuripan Indonesia (2024).

Dari hasil perhitungan dan uji yang dilakukan, diketahui bahwa semua titik tiang (T2, T5, dan T6) memiliki nilai kapasitas daya dukung yang melebihi nilai desain rencana, yang masing-masing adalah: 17,24 ton, 16,98 ton, dan T6: 17,47 ton

Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi pondasi di lapangan jauh berada di atas batas minimum kekuatan yang dirancang, sehingga struktur dapat dikatakan aman secara struktural dan geoteknis.

Untuk menilai sejauh mana kelebihan daya dukung tersebut, dihitung pula nilai faktor keamanan (Safety Factor/SF) dari setiap metode. Nilai SF terkecil ditemukan pada metode L. Decourt di titik T2 yaitu sebesar 1,7. Ini masih memenuhi standar umum minimum faktor keamanan yang lazim digunakan pada

perencanaan fondasi tiang. Nilai SF terbesar ditemukan pada metode Meyerhoff di titik T6 yaitu sebesar 7,9, yang menunjukkan tiang ini sangat overdesigned namun memberikan jaminan keamanan lebih terhadap variasi beban atau penurunan daya dukung jangka panjang. Metode dinamis dan PDA memberikan nilai SF yang lebih konservatif dan realistis, namun tetap di atas batas aman minimal.

**Tabel 7.** Daya Dukung Tiang berdasarkan metode statis

Metode	T2		T5		T6		
	Hasil	SF	Hasil	SF	Hasil	SF	
Meyerhoff	47.74	<b>2.8</b>	100.76	<b>5.9</b>	137.75	<b>7.9</b>	
Statis	Briaud, et al	61.76	<b>3.6</b>	74.97	<b>4.4</b>	87.29	<b>5.0</b>
	L. Decourt	28.68	<b>1.7</b>	62.70	<b>3.7</b>	97.75	<b>5.6</b>
	Schmertmann	72.54	<b>4.2</b>	59.40	<b>3.5</b>	84.24	<b>4.8</b>
Dinamis	Hilley	71.26	<b>4.1</b>	48.92	<b>2.9</b>	53.45	<b>3.1</b>
	Janbe	45.09	<b>2.6</b>	40.65	<b>2.4</b>	37.99	<b>2.2</b>
	Danish	56.09	<b>3.3</b>	43.98	<b>2.6</b>	43.80	<b>2.5</b>
PDA test	Case Method : RMX	32	<b>1.9</b>	50	<b>2.9</b>	59	<b>3.4</b>
	CAPWAP Analysis	35	<b>2.0</b>	53	<b>3.1</b>	59	<b>3.4</b>

Daya Dukung Tiang Pancang Rencana  
T1 sebesar 17.24 ton  
T5 sebesar 16.98 ton  
T6 sebesar 17.47 ton

Kondisi ini menunjukkan bahwa kombinasi perhitungan antara metode teoritis (statis), empiris (dinamis), dan eksperimental (PDA) memberikan kontrol yang sangat baik terhadap perencanaan dan pelaksanaan fondasi dalam pada proyek ini.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Seluruh metode yang digunakan, baik statis maupun dinamis, menunjukkan bahwa daya dukung tiang pancang pada jembatan talang air BPm 9 berada jauh di atas nilai perencanaan. Ini menandakan bahwa struktur pondasi yang dibangun telah memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan.
2. Faktor keamanan (SF) pada seluruh titik tiang melebihi nilai minimum yang direkomendasikan, yaitu  $\geq 1.7$ . Hal ini mengindikasikan bahwa pondasi memiliki ketahanan yang cukup terhadap beban kerja maupun beban tambahan tak terduga.
3. Uji PDA test memberikan hasil yang sejalan dengan perhitungan metode dinamis, dan digunakan sebagai alat verifikasi akhir terhadap performa pondasi di lapangan.
4. Perbedaan hasil antara metode perhitungan menegaskan pentingnya melakukan multi-approach design verification, untuk memberikan jaminan bahwa tiang yang dipancang sesuai dengan kebutuhan kekuatan dan keamanan.
5. Berdasarkan keseluruhan data dan analisis, dapat disimpulkan bahwa struktur pondasi dalam pada pekerjaan jembatan talang air BPm 9 dinyatakan layak, aman, dan siap untuk mendukung struktur atas sesuai desain.

#### Ucapan terima kasih

Penulis diharapkan menuliskan ucapan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian artikelnya. Ucapan terima kasih kepada bapak Budi Muhammad Habibi yang telah memberikan dukungan moral serta materi dan rekan kolega di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum, Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung yang membantu dan memberikan motivasi dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

#### Daftar pustaka

Bowles, J. E. (1997) Analisis dan Desain Pondasi Jilid II Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta

Dhanni Riyanda, dkk. (2023) Perbandingan Daya Dukung Menggunakan Metode Statis, Dinamis dan Hasil Uji PDA Pondasi Tiang Pancang Jembatan Peureulak, Journal of The Civil Engineering Student, Vol 5, No 1, pp.78-84

Gunawan, M., dkk. (2014) Rasio Hubungan Nilai Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Sondir, Kalendering Dan Tes PDA Pada Jembatan Pelawa Kabupaten Parigi Moutong, Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur, Vol.4, No.1, pp.41-49

Hardiyatmo, H. C. (2008) Teknik Pondasi II, Edisi Keempat, Gajah Mada University Press, Yogyakarta

Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah I. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Laboratorium Jalan dan Jembatan. (2024) Report of soil investigation (Project Peningkatan Daerah Irigasi Way Rarem Lanjutan), Politeknik Negeri Lampung, Bandar Lampung

Mulyono, T. (2015) Teknik Pondasi 2 Pondasi Dalam, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta

PPK Irigasi dan Rawa I (2024) Shop Drawing Paket Peningkatan Daerah Irigasi Way Rarem Lanjutan, Bandar Lampung

PT. Lentera Kahuripan, I. (2024) Laporan Struktur Bangunan BPm 9, Bandar Lampung

SNVT PJPA Mesuji Sekampung (2024) Laporan PDLP Pengujian Dinamis Daya Dukung Fondasi-Tiang, Bandar Lampung