

## ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN HASIL DATA KALENDERING PADA PROYEK JEMBATAN *PILE SLAB* BUKIT RAWI

Olivia Galuh Azzahra, Okrobianus Hendri, dan Mohammad Ikhwan Yani

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

E-mail: [gazzahraolivia@gmail.com](mailto:gazzahraolivia@gmail.com); [okrobianus@jts.upr.ac.id](mailto:okrobianus@jts.upr.ac.id); [m.ikhwanyani@eng.upr.ac.id](mailto:m.ikhwanyani@eng.upr.ac.id)

### ABSTRACT

The construction of a pile slab bridge on the Palangka Raya-Bagugus road section was built to deal with flooding that often occurs due to overflowing water from the Kahayan river. The plan uses a pile foundation because the type of soil at that location is swamp and peat soil which has a very low bearing capacity. Soil bearing capacity can be obtained by carrying out soil investigations such as calendering investigations and PDA tests. The goal of this research is to analyze the bearing capacity of a single pile foundation using the results of calendaring data with Danish formulas and PDA test interpretation data. Data analysis and calculations on the ability of a single pile to bear weight at that spot B-12-C with the results of calendaring data  $Q_u$  358,520 tons and  $Q_a$  119.507 tons, while with the results of PDA Test  $Q_u$  185.90 tons,  $Q_s$  117.7 tons and  $Q_b$  68.3 tons. The findings from the point analysis and pile-loading calculation B-12-D with the results of calendaring data  $Q_u$  501,404 tons and  $Q_a$  164,135 tons while with the results of PDA Test  $Q_u$  165.00 tons,  $Q_s$  115.8 tons and  $Q_b$  49.2 tons.

**Keywords: Bearing Capacity, Pile Foundation, Calendering, PDA Test**

### 1. PENDAHULUAN

Kalimantan Tengah melakukan banyak pembangunan dalam berbagai sektor, terkhusus pada pembangunan jalan yang menghubungkan antarkota dalam provinsi. Pembangunan jalan yang menghubungkan Ibu kota provinsi ke kabupaten-kabupaten mengalami kendala. Kendala yang kerap terjadi adalah banjir karena meluapnya air dari sungai Kahayan yang menyebabkan genangan air menutupi permukaan jalan. Sebagai solusi untuk penanganan banjir, pemerintah setempat sudah pernah melakukan peninggian jalan dengan timbunan akan tetapi tidak berhasil. Maka untuk mengatasi hal tersebut di rencanakan pembangunan jembatan *pile slab* di ruas jalan Palangka Raya-Bagugus.

Lokasi pembangunan Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi memiliki jenis tanah rawa dan gambut, hal itu mempengaruhi daya dukung tiang pancang atau dengan kata lain tidak dapat memikul beban serta memiliki daya dukung yang sangat

rendah. Daya dukung tanah dapat diperoleh dengan melaksanakan penyelidikan tanah seperti Uji Kalendering dan PDA (*Pile Driving Analyzer*) test.

Tujuan penelitian ini yaitu menghitung kapasitas yang dapat ditopang oleh tiang pancang, penurunan tiang pancang dan faktor keamanan pada proyek Jembatan *Pile Slab* Bukit Rawi pada STA 00+070 titik B-12-C dan B-12-D menggunakan hasil data Kalendering dengan Metode Danish dan data interpretasi PDA (*Pile Driving Analyzer*) test.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Fondasi Tiang Pancang

Fondasi merupakan bagian bangunan dan memiliki fungsi agar mengamankan bangunan ke tanah serta menyalurkan beban dari tingkat atas bangunan ke tanah dengan aman dan selamat.

Menurut Gunawan (1991) fondasi bangunan umumnya dibedakan menjadi dua, yaitu fondasi dangkal (*shallow foundations*) serta fondasi dalam (*deep foundations*).

Tumpukan adalah jenis pondasi yang sangat dalam. Tiang pancang adalah penggunaan struktur (biasanya kayu, beton, atau baja) untuk memindahkan beban dari satu tingkat tanah ke tingkat lainnya. Kerangka kerja ini juga dapat berfungsi sebagai pembawa beban. Istilah tiang pancang mengacu pada bagian struktural yang digunakan untuk mendistribusikan berat antar tumpuan (Bowles, 1991).

*File slab* memberikan insulasi dan kekuatan tambahan untuk pondasi pelat tiang. Tugasnya adalah menyimpan dan memindahkan beban lantai atas bangunan ke tanah yang lebih kokoh di bawahnya.

### 2.2 Fondasi Tiang Pancang

Daya dukung tanah adalah kekuatan maksimumnya di bawah kondisi penerapan beban tertentu tanpa menyebarkan *failure*. Berbeda dengan definisi lain dari keruntuhan tanah, yang melibatkan ketidakmampuan tanah untuk menahan tegangan geser dan meneruskan beban, sini mengacu pada keruntuhan tanah yang terjadi ketika terjadi penurunan (*settlement*) yang berlebihan (Bowles, 1997).

Untuk menentukan kemampuan menahan beban tanah, kalendering biasanya digunakan dalam proses pemancangan tiang pancang yang terbuat dari beton atau

baja. Hal ini dilakukan dengan mengkaji data numerik yang diperoleh dari proses pemukulan tiang pancang, yang dapat dilakukan dengan menggunakan *Diesel hammer* atau *Hydraulic Hammer*. Informasi kalender mencakup nilai *settling* serta *rebound* dari tumpukan tiang selama 10 pukulan terakhir. Kapasitas daya dukung ultimit ( $Q_u$ ) fondasi tiang pancang tunggal menurut data hasil uji kalendering didapatkan menggunakan metode Danish dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = \frac{e H W r}{S + \frac{1}{2} S_0}$$

Kapasitas daya dukung izin fondasi tiang pancang tunggal ( $Q_a$ ), untuk nilai SF digunakan = 3 didapatkan dengan persamaan berikut:

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF}$$

*Pile Driving Analyzer Test* atau *PDA Test* merupakan pengujian di lapangan untuk menghasilkan data *Force* ( $F$ ) serta *velocity* ( $v$ ) di fondasi dalam, yaitu tiang pancang dan *bored pile*, lalu dianalisis secara komputasi. Pada fondasi tiang pancang, *PDA Test* berfungsi untuk mengontrol kapasitas tiang, integritas tiang, dan energi dari *hammer* di lapangan (Nji, 2012).

Untuk perencanaan daya dukung tiang pancang sama dengan *PDA (Pile Driving Analyzer) Test* akan diproses berdasarkan metode *CASE (Case Method)* dan perlu diproses lebih lanjut menggunakan program *CAPWAP (Case Wave Analyze Program)* dengan metode *Signal Matching Analysis (SMA)*. Hasil analisis *CAPWAP* tersebut memberikan data lebih rinci dari pengujian *PDA (Pile Driving Analyzer) Test* seperti perkiraan daya dukung tiang, distribusi kekuatan lapisan tanah dan simulasi pembebanan statis.

### 2.3 Pembebanan Jembatan

Studi ini menggunakan aplikasi struktur untuk membantu program dalam melakukan analisis struktur dan menggunakan Standar Pembebanan Jembatan (SNI 1725:2016) sebagai dasar pembebanan strukturnya. Karena beban layanan SL dan beban ultimit UL, desain menggunakan beberapa beban. Kombinasi beban menggambarkan rangkaian faktor ini.

## 2.4 Penurunan Tiang Pancang

Ada atau tidaknya tanah telah kehilangan daya dukungnya, setiap fase resesi tanah selalu disertai dengan perubahan keadaan tegangan tanah. Melemahnya suatu pondasi biasanya merupakan akibat dari perubahan tegangan, yang akan disertai dengan perubahan bentuk (Hardiyatmo, 1996).

Berdasarkan PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test menggunakan analisis CAPWAP, beban dan penurunan tiang pancang statis dapat disimulasikan dengan mengetahui fitur ketahanan akhir tanah dan menjalankan analisis statis dengan nilai tersebut. Hasil dari studi Maximum Pile Settlement (D<sub>x</sub>) dan Permanent Settlement (DFN) digunakan sebagai parameter penurunan.

## 2.5 Faktor Keamanan

Angka pembagi kapasitas ultimit diperlukan untuk perhitungan kapasitas ujung tiang. Nilai ini dikenal sebagai faktor keamanan tertentu. Beban kerja, juga dikenal sebagai kapasitas tumpukan yang diizinkan, dihitung dengan mengurangi faktor keamanan (SF) dari kapasitas ultimit (Q<sub>u</sub>) untuk memperhitungkan nilai keruntuhan. Istilah beban kerja kadang-kadang dapat digunakan secara bergantian dengan besarnya beban kerja (*working load*).

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Gambaran Umum

Jalan Palangka Raya-Bagugus, Kecamatan Kahayan Tengah, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah, Indonesia, menjadi lokasi penelitian proyek pembangunan jembatan *pile slab* ini. Pada penelitian ini menggunakan hasil uji kalendering dan menggunakan hasil PDA Test dengan CAPWAP (*Case Pile Wave Equation Analysis Program*) untuk menganalisis kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang pada titik B-12-C dan B-12-D.

### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Dengan menggunakan data sekunder, lalu data dikumpulkan melalui pencatatan hasil tes secara kalendering, data hasil PDA (*Pile Drivng Analyzer*) Test, data struktur bangunan, serta gambar rencana.

### 3.3 Teknik Analisis Data

Tahap metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis struktur berdasarkan perolehan dari data sekunder dengan menggunakan program bantu aplikasi struktur.
2. Menghitung lalu menganalisis daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data Kalendering dengan Metode Danish serta data PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test dianalisa dengan CAPWAP (*Case Pile Wave Equation Analysis Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis* (SMA).
3. Data kalendering yang dinyatakan dalam metode Danish digunakan untuk menentukan faktor keamanan pondasi tiang pancang.
4. Menganalisis penurunan tiang pancang tunggal berdasarkan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test menggunakan CAPWAP (*Case Pile Wave Equation Analysis Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis* (SMA).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembebanan Jembatan

Berdasarkan hasil analisis program bantu aplikasi struktur diperoleh gaya aksial, gaya momen x, dan gaya momen y sebagai berikut:

**Tabel 1. Rekapitulasi Gaya Aksial, Gaya Momen X dan Gaya Momen Y**

No	Gaya	B-12-C	B-12-D
1	Aksial	42,0745 tonf	39,6105 tonf
2	Momen X	0,01564 tonf	0,03275 tonf
3	Momen Y	43,005 tonf	43,005 tonf

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Perhitungan persebaran tekanan pada tiang pancang kelompok menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{max} = \frac{p_u}{n_x \times n_y} \pm \frac{(M_y \cdot X_{max})}{n_y \cdot \sum X^2} \pm \frac{(M_x \cdot Y_{max})}{n_x \cdot \sum Y^2}$$

Berdasarkan persamaan di atas, beban yang bekerja pada tiang tunggal di titik B-12-C adalah 10,5192 ton dan di titik B-12-D adalah 9,91 ton. Jadi tiang yang

memikul beban yang paling besar adalah tiang di titik B-12-C yaitu sebesar 10,5192 ton.

#### 4.2 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Uji Kalendering

Hasil perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal menurut hasil uji kalendering menggunakan metode Danish berdasarkan factor keamanan (SF) = 3, dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Hasil Uji Kalendering**

No	Titik	Kapasitas Daya Dukung Qu	Kapasitas Dukung Izin Qa
1	B-12-C	358,520 ton	119,507 ton
2	B-12-D	501,404 ton	167,135 ton

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### 4.3 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan PDA Test

Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test diperoleh menggunakan program CAPWAP, hasilnya, ditampilkan pada Tabel 3 sebagai daya dukung ultimit tiang (Qu), daya dukung selimut tiang (Qs), dan daya dukung ujung tiang (Qe), semuanya dapat diamati (Qb).

**Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Hasil PDA Test**

No	Titik	Daya Dukung Ujung Tiang Qb	Daya Dukung Selimut Tiang Qs	Daya Dukung Ultimit Tiang Qu
1	B-12-C	68,3 ton	117,7 ton	185,90 ton
2	B-12-D	49,2 ton	115,8 ton	165,00 ton

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### 4.4 Penurunan Fondasi Tiang Pancang Tunggal

Penurunan pada fondasi tiang pancang tunggal terjadi di titik tiang B-12-C dan di titik tiang B-12-D berdasarkan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test seperti yang terlihat di tabel 4

**Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Penurunan Tiang Pancang Berdasarkan Hasil PDA Test**

No	Titik	Penurunan Maksimum Dx	Penurunan Permanen DFN
1	B-12-C	30,7 mm	5 mm
2	B-12-D	20,2 mm	3 mm

Sumber: Hasil Analisis, 2022

#### 4.5 Nilai Faktor Keamanan

Nilai faktor keamanan pada penelitian ini dinyatakan dengan kapasitas daya dukung izin fondasi tiang pancang ( $Q_a$ ) yang didapat menurut hasil data kalendering menggunakan metode Danish, untuk  $Q_a$  pada tiang titik B-12-C adalah 119,507 ton dan  $Q_a$  pada tiang titik B-12-D adalah 164,135 ton.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis dan perhitungan menggunakan program bantu aplikasi struktur, tiang yang memikul beban yang paling besar adalah tiang pada titik B-12-C dengan hasil 10,5192 ton.
2. Berdasarkan hasil data kalendering menggunakan Metode Danish, pada tiang B-12-C didapatkan daya dukung ultimit fondasi tiang pancang tunggal ( $Q_u$ ) 358,520 ton. Sedangkan pada tiang B-12-D didapatkan daya dukung ultimit fondasi tiang pancang tunggal ( $Q_u$ ) 501,404 ton.
3. Berdasarkan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test dengan Program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*) dengan metode *Signal Matching Analysis* (SMA), pada tiang B-12-C didapatkan daya dukung ultimit tiang ( $Q_u$ ) 185,90 ton, daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) 117,7 ton, dan daya dukung ujung tiang ( $Q_b$ ) 68,3 ton. Sedangkan pada tiang B-12-D didapatkan daya dukung ultimit tiang ( $Q_u$ ) 165,00 ton, daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) 115,8 ton, dan daya dukung ujung tiang ( $Q_b$ ) 49,2 ton.
4. Berdasarkan hasil PDA (*Pile Driving Analyzer*) Test, pada tiang B-12-C mengalami penurunan maksimum (Dx) 30,7 mm dan penurunan permanen

(DFN) 5 mm. Sedangkan pada tiang B-12-D mengalami penurunan maksimum (Dx) 20,2 mm dan penurunan permanen (DFN) 3 mm.

5. Nilai faktor keamanan pada penelitian ini dinyatakan dengan kapasitas daya dukung izin fondasi tiang pancang ( $Q_a$ ) yang didapat berdasarkan hasil data kalendering menggunakan metode Danish, untuk  $Q_a$  pada tiang di titik B-12-C adalah 119,507 ton dan  $Q_a$  pada tiang di titik B-12-D adalah 164,135 ton.

## 5.2 Saran

1. Sebaiknya dapat dilakukan pengembangan terhadap penelitian ini, dengan memberikan metode perhitungan yang lebih beragam.
2. Apabila ingin melakukan penelitian serupa dapat menambahkan dengan menggunakan data uji lain, seperti data uji SPT dan data uji CPT.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1991. *Analisa dan Desain Pondasi*. Edisi keempat Jilid I ed. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E., 1997. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jilid I Edisi 4 ed. Jakarta: Erlangga.
- Gunawan, I. R., 1991. *Pengantar Teknik Pondasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, H. C., 1996. *Teknik Pondasi I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Nji, L. T., 2012. *PDA Test*. [Online]  
Available at: <http://lauwtjunnji.weebly.com/pda-test.html>.  
[Accessed 29 Maret 2022].