

ANALISIS KEKUATAN TIANG PANCANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN JALAN BEBAS HAMBATAN MEDAN-KUALANAMU-TEBING TINGGI

Askthreed¹, Hermansyah¹, Denny Meisandy Hutauruk²

¹Universitas Medan Area

³Universitas Negeri Medan

Email: askthreednababan@gmail.com (korespondensi)

Abstract

One of the important structures in a bridge construction is foundation. Many things need to be considered when building a foundation, from choosing the type of foundation to calculating the foundation load. The purpose of this thesis is to analyze the strength of the pile foundation in the construction project of the Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi highway bridge. Calculation of the pile foundation strength is carried out by calculating the carrying capacity of single piles and the carrying capacity of group piles in one abutment. The bearing capacity of the pile foundation is calculated based on the soil investigation test results, namely sondir, Standard Penetration Test (SPT) and Pile Driving Analyzer (PDA) using the Meyerhoff method. Based on the calculation of single pile, the bearing capacity of pile groups can be calculated using the Converse-Labarre method. The dimensions of the piles used are circular with a diameter of 60cm and a length of 22m. From the calculations using the Meyerhoff method, based on sondir data, the carrying capacity of a single pile is 200.45 tons. Based on the Standard Penetration Test (SPT) data, the single pile carrying capacity is 260.10 tons. The results from the PDA test data is 299.99 tons.

Keywords: Pile Foundation Bearing Capacity; Meyerhoff; Converse-Labarre

Abstrak

Struktur penting pada suatu pembangunan jembatan salah satunya adalah pondasi. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan pada saat akan membangun pondasi, mulai dari pemilihan jenis pondasi sampai pada perhitungan beban pondasi tersebut. Maksud dari penelitian ini adalah menganalisa kekuatan pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan jembatan jalan bebas hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi. Perhitungan kekuatan pondasi tiang pancang dilakukan dengan menghitung besar daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok pada satu abutmen. Daya dukung pondasi tiang pancang dihitung berdasarkan data hasil uji penyelidikan tanah yaitu sondir, Standart Penetration Test (SPT) dan Pile Driving Analyzer (PDA) dengan menggunakan metode Meyerhoff. Berdasarkan hasil perhitungan tiang tunggal, daya dukung kelompok tiang dapat dihitung dengan menggunakan metode Converse-Labarre. Dimensi tiang pancang yang digunakan berbentuk lingkaran dengan diameter 60cm dan panjang tiang 22m. Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan metode Meyerhoff, berdasarkan data sondir diperoleh nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 200,45 ton. Berdasarkan data Standart Penetration Test (SPT) diperoleh nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 260,10 ton. Hasil daya dukung yang diperoleh dari data PDA test adalah 299,99 ton.

Kata kunci: Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang; Meyerhoff; Converse-Labarre

1. PENDAHULUAN

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan pondasi ke tanah tidak melebihi kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan beban pondasi melebihi kekuatan tanah, maka penurunan yang berlebihan dan keruntuhan

dari tanah akan terjadi pada konstruksi bangunan yang berada di atas pondasi tersebut. Maka dari itu daya dukung pondasi untuk menopang bangunan di atasnya harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan.

Prinsip pondasi adalah pertama, harus

sampai pada tanah keras. Kedua, apabila tidak ada tanah keras, maka harus ada pemadatan tanah atau perbaikan tanah.

Pembangunan infrastruktur pekerjaan umum seperti pembangunan jalan bebas hambatan sekarang ini sudah mulai bertambah dan berkembang khususnya di kota-kota besar. Memenuhi kebutuhan pembangunan infrastruktur tersebut, banyak hal yang perlu dipertimbangan, salah satunya adalah pondasi. Pondasi yang kuat akan menghasilkan bangunan yang kokoh. Pondasi yang digunakan pada proyek pembangunan jembatan jalan bebas hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi adalah pondasi tiang pancang karena letak struktur tanah keras didapat pada kedalaman lebih dari 10 m dari permukaan tanah.

Perencanaan pondasi tiang pancang perlu memperhitungkan besarnya daya dukung tanah. Apabila pondasi yang direncanakan tidak mencapai tanah keras, maka akan terjadi penurunan yang tidak merata yang mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Selain itu, perencanaan struktur pondasi tiang pancang perlu memperhitungkan tata cara pelaksanaan pemancangan pondasi itu sendiri, keadaan lapisan tanah, bahan tiang pancang, bentuk tiang.

Penelitian ini menyajikan suatu analisa perhitungan kekuatan pondasi tiang pancang melalui analisis besar daya dukung pondasi tiang tunggal berdasarkan data hasil pengujian sondir, *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA) dengan menggunakan metode Meyerhoff dan perhitungan daya dukung tiang kelompok dengan menggunakan metode Converse-Labarre.

Adapun maksud dari penelitian ini adalah menganalisa kekuatan tiang pancang terhadap daya dukung tiang pada proyek Jalan Bebas Hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi, yakni pada seksi tiga Perbarakan-Lubuk Pakam (Pier 2) STA 46+211.816. Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menghitung besar daya dukung tiang pancang berdasarkan data SPT, sondir dan PDA Test.
2. Menghitung efisiensi dan daya dukung kelompok tiang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pondasi dan Pengujian Tanah

Istilah pondasi digunakan dalam teknik sipil untuk mendefinisikan suatu konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan diatas tanah yang cukup kuat daya dukungnya. Suatu perencanaan

pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan pondasi ke tanah tidak melebihi kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan beban pondasi melebihi kekuatan tanah, maka penurunan yang berlebihan dan keruntuhan dari tanah akan terjadi pada konstruksi bangunan yang berada di atas pondasi tersebut. Maka dari itu daya dukung pondasi untuk menopang bangunan di atasnya harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan (Braja M. Das).

Tanah sebagai media pendukung pondasi mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan jenis dan keadaan tanahnya. Berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah antara lain: ukuran butiran, berat jenis, kadar air, kerapatan, angka pori, dan lain sebagainya yang dapat diketahui melalui penyelidikan tanah. Uji penyelidikan tanah adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui daya dukung tanah dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah/sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dasar untuk pondasi yang akan digunakan pada konstruksi, serta mengetahui korosifitas tanah. Penyelidikan tanah mencakup penyelidikan di lapangan (lokasi/rencana bangunan) dan penelitian di laboratorium.

2.1.1. Pengujian Sondir

Pengujian sondir merupakan salah satu pengujian penetrasi yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah pada setiap lapisan serta mengetahui kedalaman lapisan pendukung yaitu lapisan tanah keras. Besaran penting yg diukur pada uji sondir adalah perlawanan ujung yg diambil sebagai gaya penetrasi per satuan luas penampang ujung sondir (qc). Lapisan tanah dan daya dukung dapat diketahui dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung (qc) dan gesekan selimutnya (fs).

2.1.2. SPT (Standart Penetration Test)

SPT (standard penetration test) adalah metode pengujian di lapangan dengan memasukkan sebuah Split Spoon Sampler (tabung pengambilan contoh tanah yang dapat dibuka dalam arah memanjang) dengan diameter 50 mm dan panjang 500 mm. Uji Standard Penetration Test (SPT) dilakukan pada setiap lubang bor dengan interval pengujian setiap 2,0 m. Pada uji SPT, indikasi tanah keras diartikan sebagai lapisan tanah dengan nilai SPT di atas 50 pukulan / 30,0 cm sebanyak 3 kali pada tiga kedalaman berturut-turut.

2.1.3. PDA Test

PDA Test (Pile Driving Analyzer) merupakan pengujian pembebanan dinamik yang digunakan untuk pondasi tiang pancang dan tiang bor. Cara pengujian pembebanan dinamik dengan memasang gauge dan accelerometer didekat

kepala tiang, kemudian instrumen tersebut diinterpretasikan terhadap gelombang yang terjadi akibat pukulan hammer di kepala tiang. Karena berat palu pancang dan tinggi jatuh palu pancang dapat diketahui, maka efisiensi energi yang ditransfer dapat dihitung.

2.2. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban baik berat sendiri struktur pondasi maupun beban struktur atas secara keseluruhan tanpa terjadinya keruntuhan. Nilai daya dukung tersebut dibatasi oleh suatu daya dukung batas *ultimate bearing capacity*, yang merupakan keadaan saat mulai terjadi keruntuhan.

Kapasitas ijin tiang pancang diperoleh dari hasil perhitungan kapasitas ultimit tiang pancang dibagi dengan faktor aman. Salah satu tujuan faktor aman adalah untuk memberikan keamanan terhadap tidak pastinya metode hitungan yang digunakan.

Pondasi tiang pancang umumnya dipasang secara berkelompok. Yang dimaksud berkelompok ialah terdapat beberapa tiang pancang yang dipasang secara berdekatan dan diikat dibagian atasnya dengan menggunakan *pile cap*. Untuk menghitung nilai kapasitas daya dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan terlebih dahulu yaitu, jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang. Setelah mendapatkan daya dukung tiang pancang untuk 1 titik, dan efisiensi kelompok tiang, maka dapat dilakukan perhitungan perhitungan daya dukung aksial kelompok tiang.

Daya dukung ultimit kelompok tiang dapat diperoleh menggunakan persamaan :

$$Q_{u\text{ grup}} = Q_{u\text{ Tiang}} \times n \times \text{efisiensi kelompok tiang}$$

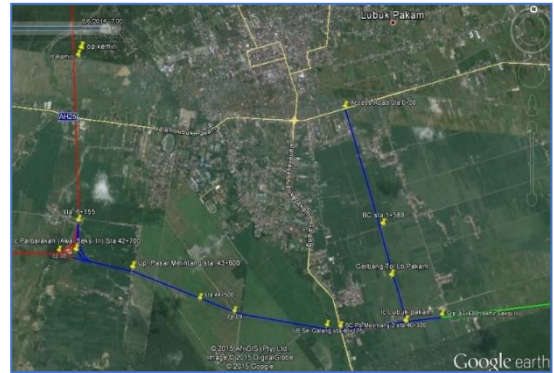
Dimana,

$$Q_u = \text{daya dukung ultimit (kN)},$$

$$n = \text{jumlah tiang pada satu buah pile cap (buah)}.$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

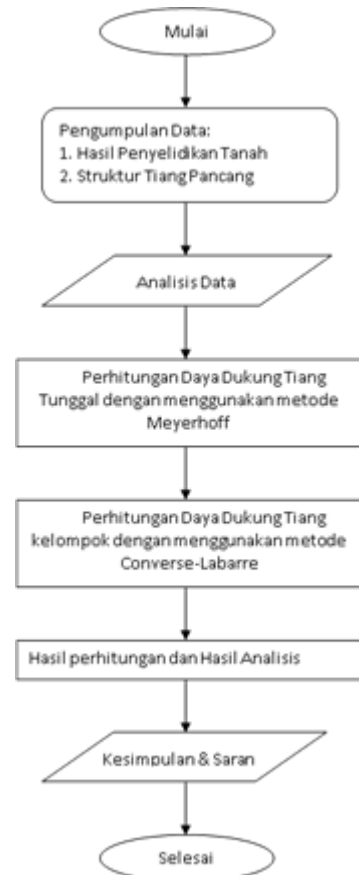
Pekerjaan yang menjadi objek penelitian yaitu pada proyek Pembangunan Jalan Tol Medan-Kualamamu-Tebing Tinggi terletak pada Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara seperti terlihat pada Gambar 1. Lokasi pengambilan data proyek adalah pembangunan Underpass Sei Galang pada STA 46 + 211 (Pier 2).



Gambar 1. Peta lokasi pembangunan jalan tol Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi

Data yang digunakan yaitu data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Data tersebut adalah:

1. Data Hasil Penyelidikan Tanah SPT dan Sondir
2. Data PDA Test
3. Data Teknis Tiang Pancang



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Data-data yang telah didapatkan dianalisis untuk mendapatkan nilai daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok. Metode yang digunakan untuk analisis daya dukung tiang tunggal adalah metode Meyerhoff, sedangkan untuk analisis daya dukung tiang kelompok menggunakan metode Converse-Labarre. Tahapan penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal dihitung dengan menggunakan metode Meyerhoff berdasarkan hasil pengujian sondir, Strandart Penetration Test (SPT) kemudian dibandingkan dengan data PDA Test. Setelah menghitung besar data dukung tiang tunggal, maka daya dukung tiang kelompok dapat dihitung dengan menggunakan Metode Converse-Labarre. Tiang pancang yang menjadi objek penelitian adalah proyek pembangunan jalan bebas hambatan Medan-Kualanamu-Tebing Tinggi pada dimensi Pier 2 Sei Galang.

Berikut data tiang data yang akan digunakan dalam menganalisis.

- 1) Mutu Beton Tiang : K-600
- 2) Diameter Tiang : 600mm
- 3) Panjang Tiang : 22mm
- 4) Luas tiang pancang (Ab) : 2827 cm²

4.1. Kapasitas Daya Dukung Uji Sondir

Data hasil pengujian sondir dapat dilihat pada Tabel 1, dimana data yang disajikan ialah hanya samai kedalaman 9 meter. Data pengujian sondir selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2 yang sekaligus menyajikan analisis daya dukung .Perhitungan daya dukung tiang pancang pada dengan metode Meyerhoff pada kedalaman tiang 1 meter ialah sebagai berikut.

Perlawanan penetrasi konus,

$$q_c = 6 \text{ kg/cm}^2$$

Jumlah hambatan lekat,

$$JHL = 36 \text{ kg/cm}$$

Luas penampang tiang,

$$A_p = 2827 \text{ cm}^2$$

Keliling tiang,

$$K = \pi \times 60 \text{ cm} = 188.57 \text{ cm}$$

Berdasarkan hasil tersebut, maka kapasitas daya dukung tiang pancang ialah sebagai berikut.

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5}$$

$$= 7011.704 \text{ kg} = 7.01 \text{ ton}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{3} = 2.34 \text{ ton}$$

Tabel 1. Data pengujian sondir

Kedalaman (m)	Perlawanan Konus q_c (kg/cm ²)
1	6
2	7
3	15
4	42
5	52
6	32
7	14
8	6
9	37

Perhitungan selanjutnya sampai pada kedalaman sondir 20 meter. Dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah bahwa daya dukung pada kedalaman 20 meter merupakan nilai terbesar, yaitu sebesar 66,82 ton.

Tabel 2. Analisis daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir

Depth (m)	q_c (kg/cm ²)	JHL (kg/cm)	Q_{ult} (ton)	Q_{ijin} (ton)
0	0	0	0	0
1	6	36	7.0	2.3
2	7	55.8	8.7	2.9
3	15	86.4	17.3	5.8
4	42	160.2	45.6	15.1
5	52	279	59.5	19.8
6	32	426.6	46.2	15.4
7	14	444.6	29.9	9.9
8	6	462.6	23.1	7.7
9	37	504	53.8	17.9
10	46	610.2	66.3	22.1
11	54	730.8	78.4	26.1
12	65	903.6	95.3	31.7
13	45	1071	82.8	27.6
14	52	1256.4	96.3	32.1
15	53	1434.6	104.5	34.6
16	61	1609.2	118.1	39.3
17	86	1791	148.5	49.5
18	64	1972.8	134.7	44.9
19	81	2158.2	157.7	52.5
20	120	2316.6	200.45	66.82

4.2. Kapasitas Daya Dukung Uji SPT

Perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode Meyerhoff pada Pier 2 di titik BM-4 dari data hasil pengujian Standart Penetration Test (SPT). Pada kedalaman 2,5m diperoleh data-data sebagai berikut di bawah.

Jenis tanah : Lempung

N-Spt : 2

Luas penampang tiang (A_p) : 0.28m²

Keliling tiang (P) : 1.88m

Daya dukung ujung tiang pada tanah kohesif adalah sebagai berikut:

Daya dukung ujung pondasi tiang pancang:

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times C_u \times A_p \\ &= 9 \times (\text{NSPT} \times 2/3 \times 10) \times A_p \\ &= 9 \times (2 \times 2/3 \times 10) \times 0.28 \\ &= 9 \times 13.333 \times 0.28 \\ &= 33.9 \text{ kN} = 3.39 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Tahanan geser selimut tiang pancang:

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha \times C_u \times P \times L_i \\ &= 1 \times 13.333 \times 1.88 \times 2.5 \\ &= 62.67 \text{ kN} = 6.267 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung ultimit :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 3.36 + 6.267 = 9.66 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$Q_{ijin} = Q_{ult}/3$

$$= 9.66/3 = 3.22 \text{ ton}$$

Untuk perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode Meyerhof dari data hasil SPT dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 dibawah ini. Berdasarkan hasil pengujian, jenis tanah pada titik ini berupa tanah nonkohesif.

Tabel 3. Analisis berdasarkan pengujian SPT

Depth (m)	Nilai SPT N	L_1 (m)	N1 (8D)	N2 (4D)	\bar{N}
0	0.00	0.0			
2.5	2	2.5			
4.5	12	2.0	4.2	12.7	8.5
6.5	21	2.0	10.3	27.3	18.8
8.5	32	2.0	19.8	34.0	26.9
10.5	37	2.0	28.1	43.6	35.9
12.5	52	2.0	37.5	56.6	47.0
14.5	60	2.0	47.1	60.0	53.5
16.5	60	2.0	55.5	60.0	57.7
18.5	60	2.0	59.6	60.0	59.8
20.5	60	2.0	60.0	60.0	60.0
22.5	60	2.0	60.0	60.0	60.0
24.5	60	2.0	60.0	60.0	60.0
26.5	60	2.0	60.0	60.0	60.0

28.5	60	2.0	60.0	60.0	60.0
30.5	60	2.0	60.0	60.0	60.0

Tabel 4. Lanjutan analisis berdasarkan pengujian SPT

Depth (m)	38 \bar{N}	Q_p (ton)	Q_s (ton)	Q_{ult} (ton)	Q_{ijin} (ton)
0		0.0	0.0	0.0	0.0
2.5		3.3	6.2	9.6	3.2
4.5	323.0	30.4	9.0	39.4	13.1
6.5	715.6	67.4	15.8	83.2	27.7
8.5	1022.8	96.4	24.1	120.5	40.1
10.5	1364.8	128.6	27.8	156.5	52.1
12.5	1789.1	168.6	39.1	207.8	69.2
14.5	2036.1	191.9	45.2	237.1	79.0
16.5	2194.5	206.8	45.2	252.0	84.0
18.5	2273.6	214.2	45.2	259.5	86.5
20.5	2280.0	214.8	45.2	260.1	86.7
22.5	2280.0	214.8	45.2	260.1	86.7
24.5	2280.0	214.8	45.2	260.1	86.7
26.5	2280.0	214.8	45.2	260.1	86.7
28.5	2280.0	214.8	45.2	260.1	86.7
30.5	2280.0	214.8	45.2	260.1	86.7

Analisis daya dukung tiang pancang pada jenis tanah non-kohesif adalah sebagai berikut (Hary Christady, 2008):

Daya dukung ujung pondasi tiang pancang:

$$Q_p = 38 \bar{N} \times A_p \times (l/d) \leq 380 \bar{N} \times A_p$$

Tahanan geser selimut tiang pancang:

$$Q_s = 2 \times \text{NSPT} \times P \times L_i$$

Daya dukung ultimit :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas ultimit tiang (ton)

\bar{N} = Nilai N rata-rata dari uji SPT yang dihitung dari 8d diatas dasar tiang pancang sampai 4d dibawah dasar tiang pancang.

A_p = Luas penampang tiang (m²)

P = Keliling tiang (m)

L_i = Tebal lapisan tanah setiap interval kedalaman pemboran (m)

Kapasitas ijin tiang (Q_a):

$$Q_a = Q_u / FK$$

Dimana :

Q_a = Kapasitas ijin tiang

Q_u = Kapasitas ultimit

FK = Faktor keamanan

$$E_g = 1 - \theta \frac{((n-1)m + (m-1)n)}{90mn}$$

$$\theta = \text{Arc tg } d/s = \text{Arc tg } 0.6/2 = 16.70$$

$$n = 7 ; m = 4$$

$$E_g = 1 - 16.70 \frac{((7-1)4 + (4-1)7)}{(90 \times 4 \times 7)}$$

$$E_g = 0.70$$

Perhitungan daya dukung kelompok tiang pancang dengan metode efisiensi Converse-Labarre.

$$Q_u \text{ grup} = Q_u \text{ Tiang} \times n \times \text{efisiensi kelompok tiang}$$

Dengan:

$$Q_u = \text{daya dukung ultimit [ton]},$$

$$n = \text{jumlah tiang pada satu buah pile cap (buah)} = 28 \text{ buah.}$$

4.3. Kapasitas Daya Dukung PDA Test

Hasil pengujian daya dukung tiang pancang dengan PDA Test dilakukan di dua titik pada Pier 2 dari data yang diperoleh dimuat dalam Tabel 5. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa daya dukung aksial total ultimate pada pier 2 yang diambil sebanyak dua titik berkisar 299.99 ton sampai dengan 314.22 ton. Sedangkan daya dukung ijinnya berkisar 104.74 ton sampai dengan 100.00 ton.

Tabel 5. Hasil daya dukung PDA Test

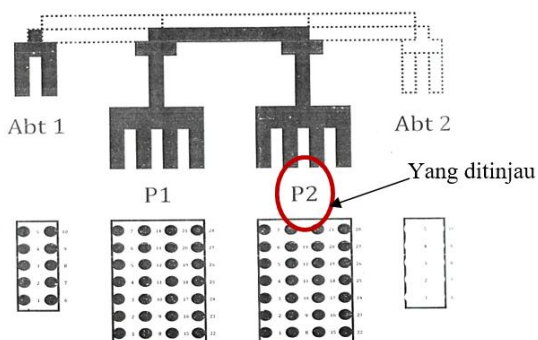
No. Titik Tiang Pancang	Kedalaman Tiang Sensor (m)	Ram Weight (ton)	Ru (ton)	Ra (ton)
P2A no. 50	23	4.5	314.2	104.74
P2B no. 14	23	4.5	299.9	100.00

Tabel 6 merupakan rekapitulasi daya dukung tiang tunggal dan kelompok berdasarkan data pengujian SPT, sondir dan PDA Test. Dapat dilihat bahwa daya dukung tiang pancang tunggal dari data sondir sebesar 200.45 ton, berdasarkan data SPT daya dukung tiang pancang tunggal sebesar 260.10 ton dan berdasarkan hasil PDA test besar daya dukung tiang pancang tunggal sebesar 299.99 ton. Perbandingan untuk ketiga hasil penelitian berdasarkan data sondir, SPT dan PDA test juga disajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 4.

4.4. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang Pancang

Data kelompok tiang pancang adalah sebagai berikut di bawah dan gambar penampangnya dapat dilihat pada Gambar 3.

- Jarak antar tiang (s) : 2 m
- Jumlah tiang dalam satu baris (n) : 7
- Jumlah baris tiang (m) : 4
- Diameter tiang pancang (d) : 0.6 m

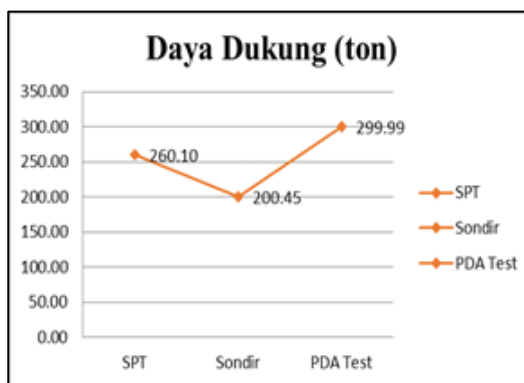


Gambar 3. Susunan kelompok tiang pancang

Efisiensi kelompok tiang pancang dapat dihitung berdasarkan dengan metode Metode Converse - Laberre.

Tabel 6. Analisis daya dukung tiang pancang kelompok

Data	Jumlah Tiang	Efisiensi	Daya dukung tiang tunggal (ton)	Daya dukung tiang grup (ton)
SPT	28	0.70	260.10	5097.9
Sondir	28	0.70	200.45	3928.8
PDA	28	0.70	299.99	5879.8



Gambar 4. Grafik Daya Dukung SPT, Sondir, dan PDA Test

Perbandingan daya dukung ultimit tiang pancang data SPT lebih kecil 13.3% dibandingkan dengan hasil PDA test. Sedangkan daya dukung ultimit berdasarkan data sondir lebih kecil 33.2% dari daya dukung ultimit hasil PDA test. Perbedaan yang cukup besar dari data sondir dikarenakan kedalaman yang dapat dihitung hanya sampai pada kedalaman 20m sedangkan panjang tiang pancang dibawah sensor PDA test mencapai 23m. Efisiensi tiang pancang sebesar 0.70. Besar daya dukung kelompok berdasarkan data sondir sebesar 3928.82 ton, berdasarkan data SPT daya dukung kelompok tiang sebesar 5097.96 ton dan berdasarkan data PDA test sebesar 5879.80 ton.

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung pondasi yang dilakukan dengan menggunakan data sondir, SPT dan PDA test, hasil daya dukung yang efektif adalah PDA Test dikarenakan telah menggunakan alat dan teknologi yang telah berkembang sehingga dapat mengurangi resiko kesalahan perhitungan besar daya dukung pondasi tiang. Hasil PDA Test dapat juga digunakan sebagai data pembanding untuk jenis pengujian lainnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data sondir sebesar 200.45 ton, berdasarkan data SPT daya dukung tiang pancang tunggal sebesar 260.10 ton dan berdasarkan hasil PDA test besar daya dukung tiang pancang tunggal sebesar 299.99 ton.

2. Besar daya dukung kelompok berdasarkan data sondir sebesar 3928.82 ton, berdasarkan data SPT daya dukung kelompok tiang sebesar 5097.96 ton dan berdasarkan data PDA test sebesar 5879.80 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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), 107-116.
- [2] Bowles, J.E. (1999). Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2. Erlangga: Jakarta.
- [3] Das, B.M. (1995). Mekanika Tanah Jilid I, Erlangga: Jakarta.
- [4] Fajarsari, E.J. (2020), Perbandingan Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan

Bentuk Pondasi Menggunakan Data SPT dan Sondir. *Jurnal Ilmiah Desain dan Konstruksi*. 19(1), 64-74.

- [5] Gunawan, R. (1993). Pengantar Teknik Fondasi. Kanisius: Yogyakarta.
- [6] Hardiyatmo, H.C. (1996). Teknik Pondasi Jilid 1, PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- [7] Hardiyatmo, H.C. (2010). Analisis dan Perancangan Pondasi. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- [8] Sardjono H.S. (1988). Pondasi Tiang Pancang Jilid I. Sinar Wijaya: Surabaya.
- [9] Teddy, L. (2012). Evaluasi Pondasi Tiang dengan Pile Driven Analisis (PDA) di Kota Palembang, Universitas Sriwijaya Palembang: Palembang.