

**ANALISA PERHITUNGAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG DIBANDINGKAN
DENGAN DAYA DUKUNG *HYDRAULIK JACKING SYSTEM* DAN *PILE DRIVING ANALYZER*
(PDA) TEST PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PERPUSTAKAAN SEKOLAH TINGGI
AGAMA ISLAM NEGERI KEDIRI**

Agil Faruha

Prodi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: agilfaruha@gmail.com

Drs. H. Machfud Ridwan, M.T.

Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

Email: Mahfud.Unesa@gmail.com

Abstrak

Pondasi merupakan struktur bawah bangunan yang berfungsi sebagai penyalur beban di atasnya ke lapisan tanah pendukung. Daya dukung tiang pancang didapatkan dari hasil penyelidikan tanah yang berupa tes sondir. Tes sondir merupakan teknik penduga lapisan dalam tanah guna menentukan jenis pondasi yang nanti akan digunakan seperti pondasi tiang pancang. *Hidraulik Jacking System* adalah alat memberikan tekanan pada tiang pancang. *Pile Driving Analyzer Test* adalah sistem yang digunakan untuk pengujian tiang pancang secara dinamik pasca pemancangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data sondir yang mendekati daya dukung *Hydraulic Jacking System* dan daya dukung *Pile Driving Analyzer Test*. Metode penelitian ini adalah kuantitatif. Data dikumpulkan menggunakan teknik survei. Teknik survei digunakan untuk memperoleh data yang dihasilkan dari lapangan. Data lapangan diolah menggunakan metode Schmertmann, metode Van Der Ween, metode Philipponant, metode Tumai Fakhroo, dan metode Andina dan hasilnya dibandingkan dengan daya dukung *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Metode Philipponant memiliki selisih terkecil pertama dengan nilai 21,73% dan Metode Andina memiliki selisih terkecil kedua dengan nilai 23,36% terhadap *Hydraulic Jacking System* pada kedalaman 4 meter. Sedangkan perhitungan rata-rata seluruh kedalaman dari setiap metode menunjukkan bahwa Metode Andina memiliki selisih terkecil dengan nilai 26,05% terhadap *Hydraulic Jacking System*. Adapun perhitungan antara lima metode pada kedalaman 4 meter menunjukkan bahwa Metode Andina memiliki selisih terkecil dengan nilai 3,74% terhadap *Pile Driving Analyzer Test*. Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan rata-rata seluruh kedalaman dari setiap metode dengan *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test* pada kedalaman 4 meter, maka dapat disimpulkan bahwa metode yang paling mendekati data di lapangan adalah Metode Andina.

Kata Kunci: Data Sondir, *Hidraulik Jacking System*, *Pile Driving Analyzer Test*

Abstract

The foundation is a structure under the building that serves as a distributor of the load on it to the supporting ground layer. The pile capacity is obtained from the soil investigation results which is a sondir test. Sondir test is a technique of soil layer estimator to determine the type of foundation that will be used such as pile foundation. Hydraulic Jacking System is a equipment to pressure the pile. Pile Driving Analyzer Test is a system used for test the pile dynamically after erection.

The purpose of this research is to know the method of bearing capacity of pile foundation calculation based on sondir data which approach Hydraulic Jacking System capacity and Pile Driving Analyzer Test capacity. This research method is quantitative. Data were collected using survey techniques. The survey technique is used to obtain generat data from the field. The data is processed using Schmertmann method, Van Der Ween method, Philipponant method, Tumai Fakhroo method, and Andina method and the results is compared with the Hydraulic Jacking System capacity and Pile Driving Analyzer Test capacity.

The results showed that the Philipponant method has first smallest difference with value 21,73% and Andina method has second smallest difference with value 23,36% to Hydraulic Jacking System At the tip penetration of 4 meters. While the average calculation of the entire depth of each method shows that the Andina Method has the smallest difference with a value of 26,05% against the Hydraulic Jacking System. The calculation between the 5 methods at a depth of 4 meters indicates that the Andina Method has the smallest difference with a value of 3,74% against the Pile Driving Analyzer Test. Considering the average depth calculation of each method with Hydraulic Jacking System and Pile Driving Analyzer Test at a 4 meters depth, it can be concluded that the Andina Method is the closest approach to data in the field.

Keywords: Sondir Data, *Hydraulic Jacking System*, *Pile Driving Analyzer Test*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam proyek konstruksi hal yang terpenting dalam sebuah bangunan adalah pondasi. Pondasi merupakan struktur bawah dalam bangunan yang mempunyai fungsi sebagai penyalur beban di atasnya ke lapisan tanah pendukung. Suatu konstruksi bangunan dengan beban ringan yang mempunyai lapisan tanah yang baik cukup biasanya menggunakan pondasi dangkal, dan sebaliknya apabila beban di atasnya dinilai berat dan jenis lapisan tanahnya kurang baik maka konstruksi tersebut menggunakan pondasi dalam berupa pondasi tiang pancang. Daya dukung tiang pancang didapatkan dari hasil penyelidikan tanah yang berupa tes sondir. Tes sondir merupakan teknik penduga lapisan dalam tanah guna menentukan jenis pondasi yang nanti akan digunakan.

Proses pemancangan di lapangan menggunakan *Hydraulic Jacking System* dengan memberikan tekanan pada tiang pancang. Keuntungan menggunakan *Hidraulik Jacking System* yakni dapat melihat bacaan tekanan pada tiap penetrasi kedalaman dan tidak menimbulkan suara yang bising. *Pile Driving Analyzer Test* adalah sistem yang banyak digunakan untuk pengujian bahan secara dinamik dan pengawasan pemancangan di dunia pasca pemancangan. Ia dapat menilai kapasitas beberapa tiang pancang dalam satu hari. *Pile Driving Analyzer Test* juga mengevaluasi keutuhan tiang serta menyelidiki tegangan dan energi palu selama instalasi tiang. Palu pemancangan digunakan untuk melakukan *Pile Driving Analyzer Test* dengan menggunakan tumbukan berat palu ke pondasi. Program PDA menghitung hasil sinyal kecepatan dan gaya yang diperoleh dari *accelerometer* dan *strain transducer* yang terpasang pada tiang uji. Sensor berupa *Smart Sensor* (mengirim data menggunakan *Wireless Transmitter*) atau *Traditional Sensor* (mengirim data melalui kabel). Analisa program CAPWAP dari data PDA sangat penting untuk metode pengetesan beban dinamis. Program ini menyediakan distribusi tanah sepanjang tahanan pondasi dan menstimulasikan tes beban statis. Korelasi antara program simulasi CAPWAP dan aktual tes beban statis telah membuktikan keandalan dari metode ini dalam menentukan kapasitas tiang pancang.

Dalam skripsi ini penulis mengkonsentrasikan pada pondasi tiang pancang. Data yang digunakan adalah data tanah yang diperoleh dari Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Sekolah Tinggi Agama Islam Negeri (STAIN) Kediri yaitu data sondir, data bacaan dari alat *Hydraulic Jacking System* dan data *Pile Driving Analyzer Test*. Untuk menentukan daya dukung tanah, data sondir dihitung dengan menggunakan beberapa metode yang antara lain adalah metode Schmertmann, metode Van Der Ween, metode Philipponant, metode Tumai Fakhroo, dan metode Andina. Hasil dari beberapa metode selanjutnya dibandingkan dengan data *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test*. Dari hasil yang paling mendekati dengan hasil di lapangan merupakan metode yang tepat dan bisa dijadikan acuan bagi konsultan

perencana dalam merencanakan pondasi dalam di daerah Kota Kediri.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat diperoleh dari penelitian ini mengacu pada uraian latar belakang yang telah dipaparkan di atas adalah “Bagaimana pemilihan perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data sondir yang mendekati daya dukung *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test*?”.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui metode perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data sondir yang paling mendekati daya dukung *Hydraulic Jacking System* dan daya dukung *Pile Driving Analyzer Test*.

Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat yang dapat diperoleh yaitu bisa memberikan masukan kepada Konsultan Perencana mengenai penggunaan metode perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data sondir yang mendekati daya dukung *Hydraulic Jacking System* dan daya dukung *Pile Driving Analyzer Test* khususnya di daerah Sekolah Tinggi Agama Islam Negeri (STAIN) Kota Kediri dan sekitarnya dan memberikan pengetahuan bagi pembaca dalam bidang ilmu pondasi khususnya mengenai perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang.

Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini agar topik bahasan bisa terarah dengan baik maka di sini penulis memberikan batasan-batasan yang antara lain adalah:

1. Data yang digunakan dalam analisa daya dukung tanah adalah data sondir.
2. Data pemancangan menggunakan data bacaan pada *Hydraulic Jacking System* dan data *Pile Driving Analyzer Test*.
3. Metode yang digunakan antara lain Metode Schmertmann, Metode Van Der Ween, Metode Philipponant, Metode Tumai Fakhroo, Metode Andina.

KAJIAN PUSTAKA

Metode Schmertmann-Nottingham (1975)

Mencari daya dukung ujung tiang (Q_p):

$$Q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \times A_p$$

Dimana:

q_{c1} = Nilai conus rata-rata 0,7D - 4D di bawah ujung tiang

q_{c2} = Nilai conus rata-rata pada kedalaman 8D di atas ujung tiang

Mencari daya dukung selimut (Qs):

$$Q_s = K_c, K_s \left[\sum_{z=0}^{8d} \frac{z}{8d} f_s \times A_s + \sum_{z=8d}^L f_s \times A_s \right]$$

K_c, K_s = Faktor koreksi gesekan pada selimut untuk lempung (clay) dan pasir (sand)

= Nilai K_c digunakan apabila nilai local friction < 2

= Nilai K_s digunakan apabila nilai local friction > 2

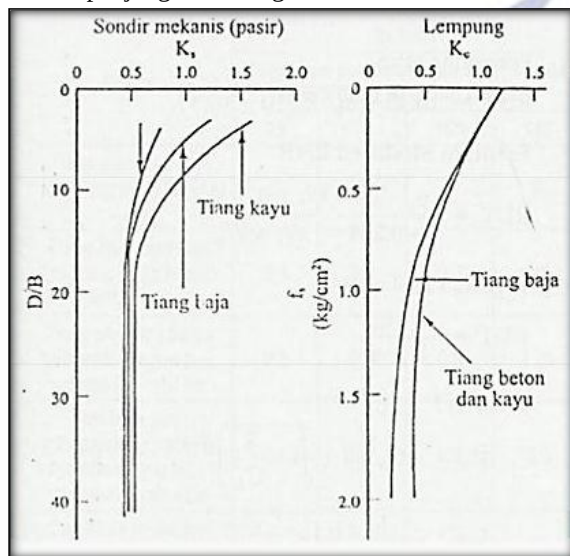
A_s = Luas bidang kontak tiap interfal kedalaman F_s

F_s = Local Friction

Z = Kedalaman dimana f_s diambil

D = Diameter tiang

L = panjang total tiang terbenam



Gambar 1. Grafik K_s dan K_c
(Sumber: Schmertmann 1975)

Metode Van Der Ween

Mencari daya dukung ujung tiang (Q_p):

$$Q_p = \frac{q_c}{3\alpha} \times A_p$$

Dimana:

q_c = harga rata-rata konus disepanjang 3.5B di atas dasar pondasi sampai 1B dibawah dasar pondasi

3 = angka keamanan unsur Q_p

α = koefisien tergantung pada jenis tanah dan tiang

Tabel 1. Harga koefisien α dan β

Jenis tanah	Q _c (kpa)	α untuk $\frac{H}{B} \geq 5$		β
		Tiang Pancang	Tiang Bor	
Very soft - Medium Clay	0 - 5000	1.5	1.7	40
Stiff - Hard Clay	5000	1.1	1.25	100
Silt - Loose Sand	0 - 2500	0.6	0.6	10-20
Medium Sand	2500 - 10.000	1.15	1.3	100
Dense - Very Dense Sand	10.000	1.1	1.4	300

(Sumber: Herman 1999)

Mencari daya dukung selimut (Qs):

$$Q_s = \frac{1}{2} P \times JHP$$

p = keliling tiang

2 = angka keamanan

Metode Philipponant

Mencari daya dukung ujung tiang (Q_p):

$$Q_p = \frac{q_p \times A_p}{2}$$

$$q_p = \alpha_p \cdot \bar{R}_p, \text{ dengan } \bar{R}_p = \frac{1}{6B} \int_{-3B}^{3B} R_p(z) dz$$

Dimana:

$\bar{R}_p$ = nilai konus rata-rata sepanjang 3B di atas tiang dan 3B di bawah tiang

α_p = koefisien

B = diameter tiang

Tabel 2. Harga Koefisien α_p

Jenis Tanah	α _p
Lempung dan Kapur	0.5
Lanau	0.45
Pasir	0.40
Kerikil	0.35

(Sumber: Herman 1999)

Mencari daya dukung selimut (Qs):

$$Q_s = \frac{P}{2} \times JHP$$

Dimana:

P = keliling tiang

Metode Tumai Fakhroo (1981)

Mencari daya dukung ujung tiang (Q_p):

$$Q_p = \frac{\frac{qc1+qc2}{2} + qc3}{2} \times A_p$$

Dimana:

Q_p = daya dukung ujung tiang

qc1 = nilai rata-rata qc pada kedalaman 4D di bawah ujung tiang

qc2 = nilai rata-rata qc minimum pada kedalaman 4D di bawah ujung tiang

qc3 = nilai rata-rata qc minimum 8D di atas ujung tiang

A_p = luasan ujung tiang

Mencari daya dukung selimut (Qs):

$$Q_s = f \times L \times P$$

Dimana :

f = nilai unit lekatan = m x f_s < 0.75 kg/cm²

f_s = nilai lekatan rata-rata = $\frac{JHP}{L}$

JHP = Jumlah Hambatan Pelekat pada kedalaman L

m = 10 - 9.5 (1 - e^{-9f_s})

P = keliling tiang

L = panjang tiang terbenam

Maka untuk menentukan Qs bisa juga menggunakan:

$$Q_s = f_s \times L \times P$$

$$Q_s = m \times \frac{JHP}{L} \times L \times P$$

$$Q_s = m \times JHP \times P$$

Metode Andina

$$Q_{ult} = \frac{Q_p + Q_s}{F}$$

F = angka keamanan

$$= 2 \text{ (Sumber: Herman 1999)}$$

Mencari daya dukung ujung tiang (Qp):

$$Q_p = \frac{\frac{qc1+qc2}{2} + qc3}{2} \times A_p$$

Dimana:

Qp = daya dukung ujung tiang

qc1 = nilai rata-rata qc pada kedalaman 4D di bawah ujung tiang

qc2 = nilai rata-rata qc minimum pada kedalaman 4D di bawah ujung tiang

qc3 = nilai rata-rata qc minimum 8D di atas ujung tiang

A_p = luasan ujung tiang

Mencari daya dukung selimut (Qs):

$$Q_s = f_s \times P \times D = \sum_{Z=8B+B}^L f_s \times P$$

Dimana:

$$f_s = \text{nilai lekatan rata-rata} = \frac{JHP}{L}$$

D = L - 8B - B' = panjang tiang tertanam efektif

L = panjang tiang sebenarnya

B = diameter dasar tiang

B' = diameter kepala tiang

P = keliling

Maka untuk menentukan Qp bisa juga menggunakan:

$$Q_s = f_s \times L \times P$$

$$Q_s = \frac{JHP}{L} \times L \times P$$

$$Q_s = JHP \times P$$

METODE PENELITIAN

Jenis dan Rancangan Penelitian

Metode penelitian ini adalah kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka. Data dikumpulkan menggunakan teknik survei. Teknik survei digunakan untuk memperoleh data yang dihasilkan dari lapangan. Data lapangan diolah dengan beberapa metode perhitungan daya dukung pondasi yang telah dipilih dan hasilnya dibandingkan dengan daya dukung *Hydraulik Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test*.

Beberapa metode yang digunakan Penulis dipilih secara acak. Metode-metode yang dipilih diharapkan dapat mendekati nilai *Hydraulik Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test* sehingga didapatkan nilai pelaksanaan pondasi yang ekonomis pada Proyek

Pembangunan Gedung Perpustakaan STAIN Kediri. Beberapa metode yang digunakan adalah Metode Schmertmann, Metode Van Der Ween, Metode Philipponant, Metode Tumai Fakhroo, dan Metode Andina.

Data Penelitian

Data penelitian diambil dari Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan STAIN Kediri:

1. Pemilik Proyek : STAIN Kediri
2. Nama Proyek : Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan STAIN Kediri
3. Lokasi Proyek : Jl. Sunan Ampel No. 7 Ngronggo Kediri
4. Konsultan Perencana
 - a. Perusahaan : PT. Dewi Permata Mandiri
 - b. Alamat : Jl. Langsep Raya 02A/08 Jember
5. Konsultan Pengawas
 - a. Perusahaan : CV. Prima Cipta Consultant
 - b. Alamat : Pabean Asri K-10 Sedati Sidoarjo
6. Kontraktor Pelaksana
 - a. Perusahaan : PT. Delbiper Cahaya Cemerlang
 - b. Alamat : Jl. Sumur Batu Raya No. 25-26 Cempaka Baru Kemayoran Jakarta

Sedangkan data teknis yang ada di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Data Sondir,
2. Data Gambar,
3. Data *Hydraulik Jacking System*,
4. Data *Pile Driving Analyzer Test*.

Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini adalah studi dokumenter merupakan suatu teknik pengumpulan data dengan menghimpun dan menganalisis dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, gambar maupun elektronik. Sedangkan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa gambar titik tiang pancang, data hasil sondir, data *Hydraulik Jacking System*, dan *Pile Driving Analyzer Test* yang didapatkan dari Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan STAIN Kediri.

Variabel dan Definisi Operasional

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2010). Jenis Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah metode yang digunakan dalam perhitungan data sondir. Beberapa metode yang digunakan Penulis adalah Metode Schmertmann, Metode Van Der

Ween, Metode Philipphonant, Metode Tumai Fakhroo, dan Metode Andina.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah data sondir.

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikedalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi faktor luar. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah daya dukung *Hydraulic Jacking System* tiap penetrasi 1 meter dan *Pile Driving Analyzer Test* pada penetrasi 4 meter.

Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian berdasarkan diagram alir bisa dijelaskan pada penjelasan sebagai berikut:

1. Menentukan Permasalahan dan Penggunaan Metode Perhitungan Daya Dukung Tiang

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pemilihan perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data sondir yang mendekati daya dukung *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test*. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang yang digunakan berdasarkan data sondir menggunakan lima metode perhitungan daya dukung pondasi tiang antara lain Metode Schmertmann, Metode Van Der Ween, Metode Philipphonant, Metode Tumai Fakhroo, dan Metode Andina.

2. Pengumpulan Data Penelitian

Data yang digunakan adalah menggunakan data sekunder yaitu:

a. Data Sondir

Data sondir digunakan untuk menganalisa beberapa metode yang digunakan yaitu Data Sondir titik S2. Dalam penelitian ini, Penulis menggunakan data Sondir S2 karena letaknya dekat dengan titik *Pile Driving Analyzer Test* dilakukan.

Tabel 3. Klasifikasi Tanah Titik Sondir S2

Kedalaman (m)	Tahanan Ujung, q_c (kg/cm ²)	Friction Ratio (%)	Klasifikasi
0.00 ~ 1.00	17 ~ 26	2.50~4.00	Sandy and silty clays (lempung berpasir dan berlanau), konsistensi sedang
1.20 ~ 2.00	11 ~ 40	1.43~3.64	Sandy and silty clays (lempung berpasir dan berlanau), konsistensi sedang
2.20 ~ 3.00	25 ~ 35	4.29~10.00	Clay (lempung), konsistensi sedang
3.20	32	4.06	Sandy and silty clays (lempung berpasir dan berlanau), konsistensi sedang
3.40 ~ 4.00	150 ~ 250	3.33~2.50	Silt-sand mixture (campuran pasir-lanau), sangat padat

(Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang)

b. Denah Tiang Pancang Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan STAIN Kediri

Denah tiang pancang digunakan untuk mengetahui titik mana saja yang nanti akan diobservasi penulis guna mengumpulkan data dalam penulisan ini. Denah pondasi dapat dilihat pada lampiran. Sedangkan data teknis menurut Gambar Kerja dan Rencana Anggaran Biaya Perencanaan dari pihak konsultan adalah sebagai berikut:

- 1) Tipe pile : 25 cm x 25 cm
- 2) Panjang tiang : 4 m
- 3) Mutu beton : K - 500
- 4) Daya dukung rencana : 52,24 ton

c. Data *Hydraulic Jacking System*

Data *Hydraulic Jacking System* yang dipakai adalah tiang pancang As 3C yang memiliki jarak terdekat dengan titik Sondir 2. As 3C terdiri dari 9 titik tiang pancang. Kedalaman pada 1 titik tiang pancang adalah 4 meter. Data *Hydraulic Jacking System* diambil tiap penetrasi 1 meter dari setiap titik tiang pancang.

d. Data *Pile Driving Analyzer Test*

Data tiang pancang yang diuji *Pile Driving Analyzer Test* pada Pembangunan Gedung Perpustakaan STAIN Kediri pada tanggal 8 Agustus 2017 ada dua titik dan disajikan di bawah ini:

- | | |
|-----------------|------------------------------|
| No. Tiang | : P 213 (As 3C) |
| Dimensi Tiang | : 25 x 25 cm (Tiang Persegi) |
| Panjang Tiang | : 5 m |
| Tiang Tertanam | : 4,4 m |
| Penetrasi Tiang | : 4 m |
| Berat Palu | : 2 ton |
| No. Tiang | : P 258 (As 3'A) |
| Dimensi Tiang | : 25 x 25 cm (Tiang Persegi) |
| Panjang Tiang | : 5 m |
| Tiang Tertanam | : 4,4 m |
| Penetrasi Tiang | : 4 m |
| Berat Palu | : 2 ton |

3. Pengolahan Data

a. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir menggunakan lima metode perhitunga yang antara lain adalah metode Schmertmann, metode Van Der Ween, metode Philipphonant, metode Tumai Fakhroo, dan metode Andina. Perhitungan daya dukung tiang pancang untuk mencari Q_p dan Q_s dari masing-masing metode. Dari Q_p dan Q_s tersebut kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan Q_{ult} dari setiap metode yang digunakan.

b. Pengolahan Data Daya Dukung *Hydraulic Jacking System*

Data *Hydraulic Jacking System* berasal dari hasil pemancangan pada As 3C dengan jumlah 9 titik tiang pancang tiap penetrasi 1 meter. Konversi Psi untuk beban alat pancang 120 ton dengan

diameter silinder piston = 20 cm dengan 2 (dua) silinder adalah sebagai berikut:

- Rumus $A = 2 \times \pi \times 10^2$
= **628 cm²**

- Rumus $\sigma = \frac{P}{A} \rightarrow P = \sigma \times A$

9 titik tiang pancang tiap penetrasi 1 meter tersebut kemudian dikonversi dari Psi ke Ton. Data yang sudah dikonversi kemudian dirata-rata untuk mendapatkan nilai data *Hydraulic Jacking System* yang mewakili titik pancang pada As 3C.

- c. Daya Dukung *Pile Driving Analyzer Test*
Pile Driving Analyzer Test dilakukan pada nomer tiang P 213 dan P 258.
4. Analisis Data

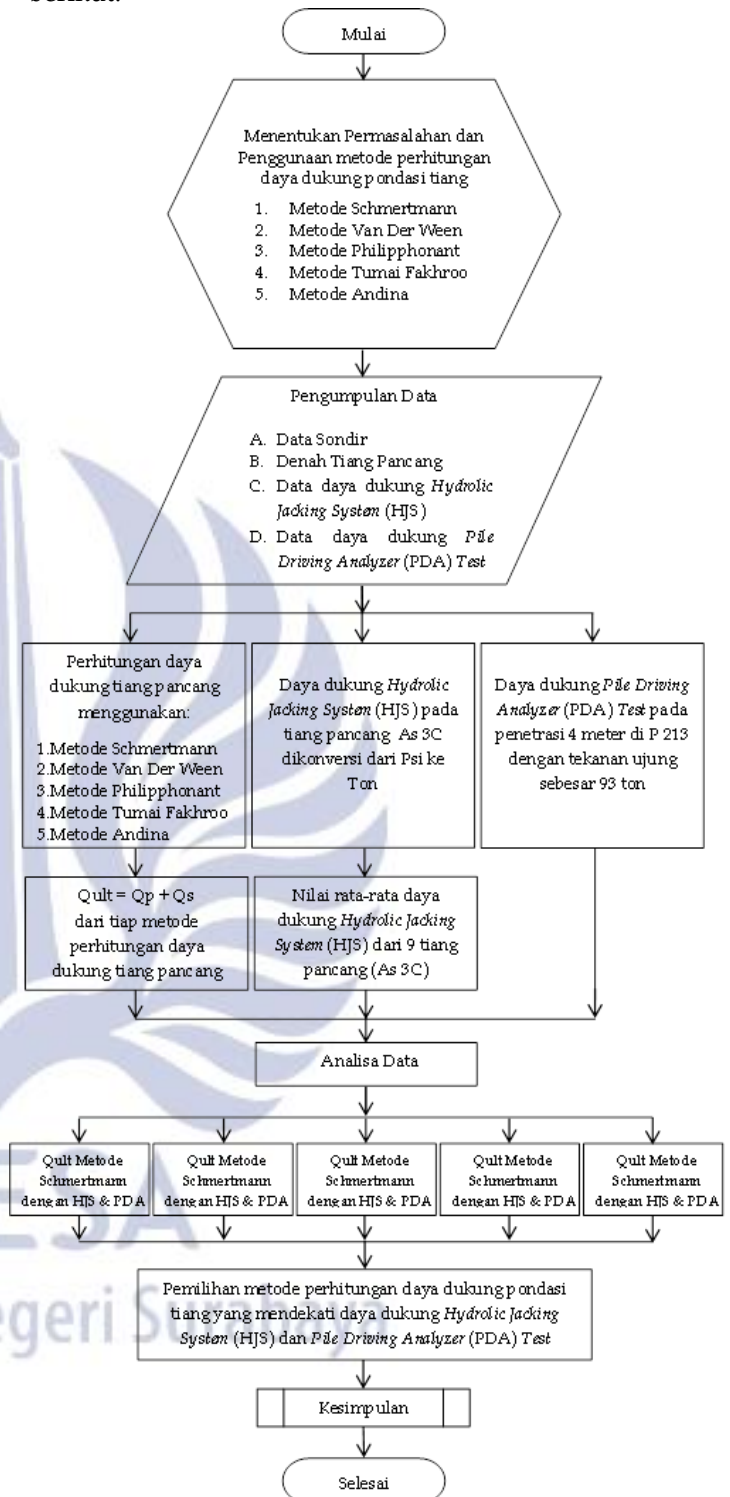
Tahapan analisis data pada penulisan ini adalah membandingkan lima metode perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir dengan *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test*. Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir harus dibandingkan dengan *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test* karena data sondir adalah representasi atau model dari pondasi tiang dalam skala kecil guna pendugaan lokasi atau kedalaman tanah keras sedangkan *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test* merupakan aplikasi atau pelaksanaan pondasi tiang secara nyata dimana data daya dukung pondasi tiang bersifat asli di lapangan.

Adapun tahapan analisis data pada penulisan ini sebagai berikut:

- Membandingkan hasil Qult dari lima metode tiap penetrasi 1 meter dengan data *Hydrolic Jacking System* pada joint 3C untuk mencari selisih nilai antara Qult dari lima metode dengan *Hydrolic Jacking System* dan mencari selisih rata-rata tiap metode.
 - Membandingkan hasil Qult dari lima metode pada penetrasi 4 meter dengan *Pile Driving Test* pada joint 3C.
 - Mencari metode perhitungan daya dukung pondasi tiang yang mendekati daya dukung *Hydrolic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test*.
5. Kesimpulan

Kesimpulan pada penulisan ini adalah memilih metode mana yang paling mendekati data *Hydrolic Jacking System* dan memilih metode mana yang paling mendekati data *Pile Driving Analyzer Test* pada penetrasi 4 meter.

Diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Data Sondir, Data *Hydrulik Jacking System*, dan Data *Pile Driving Analyzer Test*

Data sondir yang terdapat di lapangan ada 3 titik, yakni Sondir S1, Sondir S2, dan Sondir S3. Dalam penelitian ini, Penulis menggunakan data Sondir S2 karena letaknya dekat dengan titik *Pile Driving Analyzer Test* dilakukan. Hal ini dilakukan karena Penulis berasumsi titik Sondir 2 dengan titik *Pile Driving Analyzer Test* mempunyai kevalidan data karena jarak yang dekat.

Data *Hydraulik Jacking System* berasal dari hasil pemancangan pada As 3C dengan jumlah 9 titik tiang pancang tiap penetrasi 1 meter. Penulis menggunakan data *Hydraulik Jacking System* pada As 3C karena ada salah satu titiknya yang dilakukan *Pile Driving Analyzer Test* yaitu pada titik P213.

Pile Driving Analyzer Test Pembangunan Gedung Perpustakaan STAIN Kediri tanggal 8 Agustus 2017 dilakukan pada nomer tiang P213 dan P258 pada penetrasi 4 meter. Penulis menggunakan data titik P213 pada penelitian ini karena titik P213 berada pada Pile Cap As 3C.

2. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir

Perhitungan daya dukung tiang pancang menggunakan lima metode berdasarkan data Sondir adalah sebagai berikut:

- a. Metode Schmertmann-Nottingham (1975)

Tabel 4. Daya Dukung Qultimate (Qult) Metode Schmertmann- Nottingham (1975)

Keda-laman	Qp	Qs	Qult	
(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(ton)
1	2	3	4	5
0.0	5625.00	0.00	5625.00	5.63
0.2	10208.33	23.44	10231.77	10.23
0.4	12083.33	61.25	12144.58	12.14
0.6	13255.21	75.38	13330.58	13.33
0.8	13937.50	93.75	14031.25	14.03
1.0	14739.58	125.63	14865.21	14.87
1.2	15446.43	172.13	15618.55	15.62
1.4	16067.71	200.81	16268.52	16.27
1.6	16649.31	229.50	16878.81	16.88
1.8	16916.67	284.63	17201.29	17.20
2.0	16586.17	1625.00	18211.17	18.21
2.2	17400.57	1968.75	19369.32	19.37
2.4	24337.12	1031.25	25368.37	25.37
2.6	27864.58	1495.00	29359.58	29.36
2.8	36690.34	2025.00	38715.34	38.72
3.0	48778.41	1562.50	50340.91	50.34
3.2	55181.82	971.75	56153.57	56.15
3.4	67585.23	4218.75	71803.98	71.80
3.6	72291.67	2187.50	74479.17	74.48
3.8	90113.64	4531.25	94644.89	94.64
4.0	103892.05	4687.50	108579.55	108.58

- b. Metode Van Der Ween

Tabel 5. Daya Dukung Qultimate (Qult) Metode Van Der Ween

Keda-laman	Qp	Qs	Qult	
(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(ton)
0.0	217.01	0.00	217.01	0.22
0.2	325.52	500.00	825.52	0.83
0.4	385.20	1500.00	1885.20	1.89
0.6	381.94	2100.00	2481.94	2.48
0.8	390.63	2600.00	2990.63	2.99
1.0	491.90	3200.00	3691.90	3.69
1.2	513.60	4100.00	4613.60	4.61
1.4	535.30	5000.00	5535.30	5.54
1.6	585.94	5900.00	6485.94	6.49
1.8	632.96	7000.00	7632.96	7.63
2.0	651.04	9000.00	9651.04	9.65
2.2	676.36	11500.00	12176.36	12.18
2.4	690.83	13000.00	13690.83	13.69
2.6	669.13	15000.00	15669.13	15.67
2.8	632.96	17700.00	18332.96	18.33
3.0	640.19	19700.00	20340.19	20.34
3.2	1092.30	21000.00	22092.30	22.09
3.4	1327.40	26000.00	27327.40	27.33
3.6	1942.27	28500.00	30442.27	30.44
3.8	2756.08	33500.00	36256.08	36.26
4.0	3177.08	38500.00	41677.08	41.68

- c. Metode Philipponat

Tabel 6. Daya Dukung Qultimate (Qult) Metode Philipponat

Keda-laman	Qp	Qs	Qult	
(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(ton)
0.0	2200.00	0.00	2200.00	2.20
0.2	2250.00	500.00	2750.00	2.75
0.4	2428.57	1500.00	3928.57	3.93
0.6	2531.25	2100.00	4631.25	4.63
0.8	2680.56	2600.00	5280.56	5.28
1.0	3236.11	3200.00	6436.11	6.44
1.2	3375.00	4100.00	7475.00	7.48
1.4	3375.00	5000.00	8375.00	8.38
1.6	3500.00	5900.00	9400.00	9.40
1.8	3680.56	7000.00	10680.56	10.68
2.0	3750.00	9000.00	12750.00	12.75
2.2	3777.78	11500.00	15277.78	15.28
2.4	3861.11	13000.00	16861.11	16.86
2.6	5513.89	15000.00	20513.89	20.51
2.8	6347.22	17700.00	24047.22	24.05
3.0	8708.33	19700.00	28408.33	28.41
3.2	11833.33	21000.00	32833.33	32.83
3.4	12765.63	26000.00	38765.63	38.77
3.6	14053.57	28500.00	42553.57	42.55
3.8	15875.00	33500.00	49375.00	49.38
4.0	18300.00	38500.00	56800.00	56.80

d. Metode Tumai Fakhroo

Tabel 7. Daya Dukung Qultimate (Qult) Metode Tumai Fakhroo

Kedalaman	Qp	Qs	Qult	
(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(ton)
1	2	3	4	5
0.0	5390.63	0.00	5390.63	5.39
0.2	9921.88	605.54	10527.41	10.53
0.4	11796.88	1533.37	13330.25	13.33
0.6	12265.63	2173.27	14438.89	14.44
0.8	13062.50	2742.27	15804.77	15.80
1.0	14296.88	3391.59	17688.46	17.69
1.2	14512.65	4266.20	18778.85	18.78
1.4	15117.19	5153.40	20270.59	20.27
1.6	15616.32	6046.88	21663.20	21.66
1.8	15609.38	7121.28	22730.66	22.73
2.0	15456.91	9051.91	24508.82	24.51
2.2	16401.52	11517.91	27919.43	27.92
2.4	21893.94	13014.40	34908.34	34.91
2.6	25409.56	15008.81	40418.37	40.42
2.8	34621.21	17703.85	52325.06	52.33
3.0	46709.28	19702.75	66412.03	66.41
3.2	52852.27	21002.96	73855.23	73.86
3.4	63501.42	26000.52	89501.94	89.50
3.6	70160.98	28500.35	98661.34	98.66
3.8	87982.95	33500.08	121483.04	121.48
4.0	102045.45	38500.02	140545.48	140.55

e. Metode Andina

Tabel 8. Daya Dukung Qultimate (Qult) Metode Andina

Kedalaman	QP	QS	Qult	
(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(ton)
1	2	3	4	5
0.0	5390.63	0.00	2695.31	2.70
0.2	9921.88	1000.00	5460.94	5.46
0.4	11796.88	3000.00	7398.44	7.40
0.6	12265.63	4200.00	8232.81	8.23
0.8	13062.50	5200.00	9131.25	9.13
1.0	13828.13	6400.00	10114.06	10.11
1.2	14512.65	8200.00	11356.32	11.36
1.4	15117.19	10000.00	12558.59	12.56
1.6	15616.32	11800.00	13708.16	13.71
1.8	15609.38	14000.00	14804.69	14.80
2.0	15456.91	18000.00	16728.46	16.73
2.2	16401.52	23000.00	19700.76	19.70
2.4	21893.94	26000.00	23946.97	23.95
2.6	25409.56	30000.00	27704.78	27.70
2.8	34621.21	35400.00	35010.61	35.01
3.0	46709.28	39400.00	43054.64	43.05
3.2	52852.27	42000.00	47426.14	47.43
3.4	63501.42	52000.00	57750.71	57.75
3.6	70160.98	57000.00	63580.49	63.58
3.8	87982.95	67000.00	77491.48	77.49
4.0	102045.45	77000.00	89522.73	89.52

Pembahasan

Tabel 9. Keseluruhan Selisih Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

Selisih Perhitungan Beberapa Metode dengan HSI																	
Kedala man	Schmertmann			Van Der Ween			Philipponant			Tumai Fakroo			Andina			HJS	PDA Test
	Qult	Selisih dengan HJS	Selisih dengan PDA Test	Qult	Selisih dengan HJS	Selisih dengan PDA Test	Qult	Selisih dengan HJS	Selisih dengan PDA Test	Qult	Selisih dengan HJS	Selisih dengan PDA Test	Qult	Selisih dengan HJS	Selisih dengan PDA Test		
Meter	Ton	%	%	Ton	%	%	Ton	%	%	Ton	%	%	Ton	%	%	Ton	Ton
1	14.87	1.45%		3.69	74.81%		6.44	56.08%		17.69	20.71%		10.11	30.98%		14.65	
2	18.21	43.26%		9.65	69.93%		12.75	60.28%		24.51	23.64%		16.73	47.88%		32.10	
3	50.34	19.25%		20.34	51.82%		28.41	32.71%		66.41	57.32%		43.05	1.99%		42.22	
4	108.58	49.62%	16.75%	41.68	42.57%	55.19%	56.80	21.73%	38.92%	140.55	93.67%	51.12%	89.52	23.36%	3.74%	72.57	93.00
Jumlah Selisih		114%			239%			171%			195%			104%			
Selisih Rata- rata		28.39%			59.78%			42.70%			48.84%			26.05%			

Tabel 9 menunjukkan bahwa tiap penetrasi 1 sampai 4 meter memiliki hasil yang berbeda-beda.

1. Pada kedalaman 1 meter

Perhitungan daya dukung pondasi pada kedalaman 1 meter berdasarkan data sondir menunjukkan bahwa Metode Schmertmann memiliki nilai Qult 14.87 ton yang dibandingkan dengan *Hydraulic Jacking System* dengan nilai 14.65 ton sehingga memiliki selisih 1.45% lebih besar dari *Hydraulic Jacking System*. Pada kedalaman 1 meter, Metode Schmertmann memiliki

selisih prosentase terkecil dari metode perhitungan yang lain. Perhitungan Qp dalam Metode Schmertmann menggunakan faktor keamanan 2 dan nilai data Sondir yang digunakan adalah conus rata-rata 4D ke bawah untuk q_{c1} dan nilai conus rata-rata 8D ke atas untuk q_{c2} .

2. Pada kedalaman 2 meter

Perhitungan daya dukung pondasi pada kedalaman 2 meter berdasarkan data sondir menunjukkan bahwa Metode Tumai Fakroo memiliki nilai Qult 24.51 ton yang dibandingkan

dengan *Hydraulic Jacking System* dengan nilai 32.10 ton sehingga memiliki selisih 23.64% lebih kecil dari *Hydraulic Jacking System*. Pada kedalaman 2 meter, Metode Tumai Fakroo memiliki selisih prosentase terkecil dari metode perhitungan yang lain. Perhitungan Q_p dalam Metode Tumai Fakroo menggunakan faktor keamanan 2 dan nilai dari data Sondir yang digunakan adalah nilai q_{c1} nilai q_{c2} dan nilai q_{c3} minimum rata-rata 4D ke bawah untuk q_{c1} , nilai q_{c2} minimum rata-rata 4D ke bawah untuk q_{c2} , dan nilai q_{c3} minimum rata-rata 8D ke atas untuk q_{c3} .

3. Pada kedalaman 3 meter

Perhitungan daya dukung pondasi pada kedalaman 3 meter berdasarkan data sondir menunjukkan bahwa Metode Andina memiliki nilai Q_{ult} 43.05 ton yang dibandingkan dengan *Hydraulic Jacking System* dengan nilai 42.22 ton sehingga memiliki selisih 1.99% lebih besar dari *Hydraulic Jacking System*. Pada kedalaman 3 meter, Metode Andina memiliki selisih prosentase terkecil dari metode perhitungan yang lain. Perhitungan Q_p dalam Metode Andina menggunakan nilai q_{c1} nilai q_{c2} dan nilai q_{c3} minimum rata-rata 4D ke bawah untuk q_{c1} , nilai q_{c2} minimum rata-rata 4D ke bawah untuk q_{c2} , dan nilai q_{c3} minimum rata-rata 8D ke atas untuk q_{c3} dari data Sondir. Sedangkan dalam perhitungan Q_{ult} , Metode Andina menggunakan angka keamanan sebesar 2.

4. Pada kedalaman 4 meter

a. Perhitungan daya dukung pondasi pada kedalaman 4 meter berdasarkan data sondir menunjukkan bahwa Metode Philipponant memiliki nilai Q_{ult} 56.80 ton yang dibandingkan dengan *Hydraulic Jacking System* dengan nilai 72.57 ton sehingga memiliki selisih 21.73% lebih kecil dari *Hydraulic Jacking System*. Pada kedalaman 4 meter, Metode Philipponant memiliki selisih prosentase terkecil dari metode perhitungan yang lain. Perhitungan Q_p dalam Metode Philipponant menggunakan faktor keamanan 2 dan menggunakan nilai q_{c1} nilai q_{c2} dan nilai q_{c3} minimum rata-rata 3D ke bawah untuk q_{c1} , nilai q_{c2} minimum rata-rata 3D ke bawah untuk q_{c2} , dan nilai q_{c3} minimum rata-rata 8D ke atas untuk q_{c3} dari data Sondir.

b. Perhitungan daya dukung pondasi metode Andina berdasarkan data Sondir pada kedalaman 4 meter memiliki nilai Q_{ult} sebesar 89.52 ton. Sedangkan nilai *Pile Driving Analyzer Test* memiliki nilai 93,00 ton. Adapun selisih dari perhitungan metode Andina dengan *Pile Driving Analyzer Test* sebesar 3.74% lebih kecil dari *Pile Driving Analyzer Test*. Metode Andina memiliki nilai selisih terkecil pertama diantara metode perhitungan daya dukung pondasi lain.

Ada perbedaan nilai pada kedalaman 4 meter antara data *Hydraulic Jacking System* yang memiliki nilai 72.57 ton dengan data *Pile Driving Analyzer Test* yang memiliki nilai 93,00 ton. Hal tersebut dikarenakan gaya lekat tanah pada tiang pancang. Ketika *Hydraulic Jacking System* dilaksanakan, tiang pancang hanya

ditekan sampai ke tanah keras dan tiang pancang belum mengalami gaya lekat tanah. Sedangkan *Pile Driving Analyzer Test* dilaksanakan setelah 5 hari tiang pancang tertanam sehingga memungkinkan gaya lekat tanah bekerja dan membuat nilai *Pile Driving Analyzer Test* lebih besar dari *Hydraulic Jacking System*.

Adapun selisih perhitungan selisih rata-rata seluruh kedalaman dari setiap metode dengan data *Hydraulic Jacking System* mulai urutan terkecil sampai terbesar adalah sebagai berikut:

1. Metode Andina sebesar 26.05%,
2. Metode Schmertmann sebesar 28.39%,
3. Metode Philipponant sebesar 42.70%,
4. Metode Tumai Fakroo sebesar 48.84%,
5. Metode Van Der Ween sebesar 59.78%.

Keseluruhan perhitungan daya dukung pondasi dari lima metode yang digunakan menunjukkan bahwa tiap penetrasi 1 sampai 4 meter memiliki hasil yang berbeda-beda. Pada penetrasi ujung yaitu 4 meter menunjukkan bahwa Metode Philipponant memiliki selisih terkecil pertama dengan nilai 21.73% dan Metode Andina memiliki selisih terkecil kedua dengan nilai 23.36% terhadap *Hydraulic Jacking System*. Sedangkan perhitungan rata-rata seluruh kedalaman dari setiap metode menunjukkan bahwa Metode Andina memiliki selisih terkecil pertama dengan nilai 26.05% terhadap *Hydraulic Jacking System*. Adapun perhitungan antara lima metode menunjukkan bahwa Metode Andina memiliki selisih terkecil pertama dengan nilai 3.74% terhadap *Pile Driving Analyzer Test* pada kedalaman 4 meter. Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan selisih rata-rata seluruh kedalaman dari setiap metode dengan *Hydraulic Jacking System* dan selisih *Pile Driving Analyzer Test* pada kedalaman 4 meter, maka dapat disimpulkan bahwa metode yang paling mendekati data di lapangan adalah Metode Andina.

PENUTUP

Simpulan

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dari lima metode menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Pada penetrasi ujung yaitu 4 meter menunjukkan bahwa Metode Philipponant memiliki selisih terkecil pertama dengan nilai 21,73% dan Metode Andina memiliki selisih terkecil kedua dengan nilai 23,36% terhadap *Hydraulic Jacking System*. Sedangkan perhitungan rata-rata seluruh kedalaman dari setiap metode menunjukkan bahwa Metode Andina memiliki selisih terkecil dengan nilai 26,05% terhadap *Hydraulic Jacking System*. Adapun perhitungan antara lima metode pada kedalaman 4 meter menunjukkan bahwa Metode Andina memiliki selisih terkecil dengan nilai 3,74% terhadap *Pile Driving Analyzer Test*.

Dengan mempertimbangkan hasil perhitungan rata-rata seluruh penetrasi kedalaman dari kelima metode dengan *Hydraulic Jacking System* dan *Pile Driving Analyzer Test* pada kedalaman 4 meter, maka dapat disimpulkan bahwa metode yang paling mendekati data di lapangan adalah Metode Andina.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, Anas, dkk. 2011. Menulis Ilmiah: Buku Ajar MPK Bahasa Indonesia. Surabaya: UNESA University Press
- Andajani, Nur. 2012. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir (CPT). Buku tidak diterbitkan. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Bowles, Joseph E. 1983. Analisa Dan Desain Pondasi Jilid I Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Gunawan, Rudy. 1990. Pengantar Teknik Fondasi. Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1996. Analisis dan Perancangan Fondasi I. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Pramono, Paulus Rahardjo. 1994. Uji Sondir Interpretasi Dan Aplikasinya Untuk Perancangan Pondasi. Bandung: Geotechnical Research Centre-Parahyangan Catholic
- Sardjono HS. 1988. Pondasi Tiang Pancang Jilid I. Surabaya: Sinar Jaya Surabaya.
- Szepesházi, Róbert. 2014. Pile Design Based on CPT According to the Requirements of EUROCODE 7, diunduh 26 Februari 2018.
- Wahyudi, Herman. 1999. Daya Dukung Pondasi Dalam. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

