

ANALISA PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA SONDIR DAN PILE DRIVING ANALYZER TEST PADA PROYEK PENGEMBANGAN GEDUNG J UNIVERSITAS KRISTEN PETRA SURABAYA

Agus Mahmudi⁽¹⁾, May Tirta Hartoni Putri⁽²⁾, Tri Wardoyo⁽³⁾

^{(1),(3)}Dosen Teknik Sipil Universitas Bhayangkara Surabaya

⁽²⁾Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya

Email: ⁽¹⁾agusmahmudi@ubhara.ac.id, ⁽²⁾maytirtaputri@gmail.com, ⁽³⁾triwardoyo@ubhara.ac.id

ABSTRACT

Bearing capacity is the ability of the soil to carry the maximum pressure or load that is allowed to act on the loudspeaker. To determine the carrying capacity, a static method is used based on sondir data and a dynamic method based on PDA Test data. This study used 4 methods based on sondir data, namely the Aoki and De Alencar Methods, the Price and Wardle Methods, the Meyerhof Methods, and the Philipponnat Methods. The data collection methodology is carried out by collecting data from the project, as well as conducting library research. The location of the boredpile loudspeakers used in this study is located on Jl. Siwalankerto No. 121-131 Surabaya to be precise in Building J – Petra Christian University Surabaya. Based on the results of this study, the results obtained from the calculation of carrying capacity based on sondir data are closest to the PDA Test. The results of the analysis of the disclosure of Ultimate Carrying Capacity from the lowest and highest on the static method (sondir data) are Meyerhof (98,390 tons) and Aoki and De Alencar (34,943 tons) at Point S2 ; Meyerhof (91,333 tonnes) and Aoki and De Alencar (31,761 tonnes) at Point S4. PDA test data gives a carrying capacity value of 93 tons at Point S2 and 99 tons at Point S4. The value ratio between the sondir test and the PDA test that is closest to the value of 1 is the Meyerhof method of 0.982 at Point S2 and 0.993 at Point S4.

Keywords : Bored pile bearing capacity, Cone Penetration Test, and PDA Test.

ABSTRAK

Daya dukung merupakan kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi. Untuk menentukan daya dukung pondasi digunakan metode statis (sondir) dan metode dinamis (PDA Test). Penelitian ini menggunakan 4 metode berdasarkan data sondir yaitu Metode Aoki dan De Alencar, Metode Price dan Wardle, Metode Meyerhof, dan Metode Philipponnat. Metodologi pengumpulan data dilakukan dengan pengambilan data dari pihak proyek, serta melakukan penelitian kepustakaan. Lokasi pondasi boredpile yang digunakan dalam penelitian ini berlokasi di Gedung J – Universitas Kristen Petra Surabaya. Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan hasil dari perhitungan daya dukung berdasarkan data sondir yang paling mendekati dengan PDA Test. Hasil analisis memperlihatkan Daya Dukung Ultimate dari yang terendah dan yang tertinggi pada metode statis (data sondir) adalah Meyerhof (98,390 ton) dan Aoki dan De Alencar (34,943 ton) pada Titik S2 ; Meyerhof (91,333 ton) dan Aoki dan De Alencar (31,761 ton) pada Titik S4. Data uji PDA memberikan nilai daya dukung sebesar 93 ton pada Titik S2 dan 99 ton pada Titik S4. Nilai rasio antara uji sondir dan uji PDA yang paling mendekati nilai 1 adalah Metode Meyerhof sebesar 0,982 pada Titik S2 dan 0,993 pada Titik S4.

Kata kunci : Daya dukung pondasi boredpile, sondir, dan PDA Test.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan sejatinya tidak lepas dari upaya Negara Indonesia untuk terus membangun dan mengembangkan dirinya sendiri, khususnya pemerataan pembangunan infrastruktur di seluruh wilayah Indonesia. Pembangunan di Indonesia meliputi berbagai sektor meliputi pembangunan jembatan, jalan raya, perumahan, perkantoran, sentra pendidikan, dan sarana – sarana lainnya.

Pondasi adalah suatu bagian dari bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban dari struktur atas ke dalam tanah yang cukup kuat mendukungnya “Hardiyatmo, 2002”. Dalam perencanaan suatu bangunan teknik sipil, perencanaan pondasi merupakan salah satu pekerjaan yang sangat penting. Pondasi harus bisa menyalurkan beban yang diterima dari struktur di atasnya ke lapisan tanah.

Penentuan kuat atau tidaknya pondasi menahan beban bangunan dapat dilihat dari daya dukung pondasinya. Kekuatan daya dukung pondasi tiang bor diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) dan daya dukung geser (*frinction bearing capacity*) (Latifah, Nur dkk : 2019).

Ada beberapa teori yang digunakan untuk menghitung daya dukung tanah, teori yang digunakan antara lain (1) Metode Aoki dan De Alencar, (2) Metode Price dan Wardle, (3) Metode Meyerhof, dan (4) Metode Philipponnat. Metode statis yaitu data sondir dan metode dinamis yaitu *Pile Driving Analyzer Test* (PDA Test). PDA Test merupakan metode baru yang dianggap lebih efektif, karena uji ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode pengujian tiang skala penuh yaitu : a.) waktu pengujian cepat; b.) membutuhkan ruang relatif kecil ; c.) dapat mengevaluasi daya dukung dan integritas struktural tiang; d.) dapat mengevaluasi penurunan (*settlement*) tiang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa nilai daya dukung menggunakan data sondir?
2. Berapa nilai daya dukung menggunakan data PDA Test?
3. Bagaimana perbandingan daya dukung pondasi *boredpile* dari hasil analisis menggunakan data sondir dan PDA Test di lokasi studi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui nilai daya dukung menggunakan data sondir.
2. Untuk mengetahui nilai daya dukung menggunakan data PDA Test.
3. Untuk mengetahui perbandingan daya dukung pondasi *boredpile* dari hasil analisis menggunakan data sondir dan PDA Test di lokasi studi

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Hanya ditinjau untuk tiang *boredpile* tunggal.
2. Hanya ditinjau untuk pondasi *boredpile* tegak lurus.
3. Tidak meninjau akibat gaya horizontal.

2. TEORI

2.1 Pondasi Bored Pile

Pondasi tiang bor (*bored pile*) adal teknik membangun pondasi yang memanfaatkan bantuan mesin bor. Tanah akan dikeruk menggunakan mesin tersebut hingga kedalaman tertentu, kemudian diisi dengan tulang besi dan cor beton. Biasanya jenis *bored pile* banyak digunakan pada area sempit yang sisi kanan kirinya sudah terisi banyak oleh bangunan lain. Meski begitu, *bored pile* punya kualitas ketahanan baik khususnya untuk pemakaian dalam jangka waktu lama. (Anugrah Pamungkas, 2013)

Jumlah susunan tiang pada tiang bor harus ditentukan dari gaya momen tak terfaktor yang di transmisikan ke komponen tiang tersebut, dan kapasitas komponen tiang izin berdasarkan prinsip – prinsip mekanika tanah dan batuan. Untuk pondasi tiang jarak as ke as tidak boleh kurang dari keliling tiang atau untuk tiang berbentuk lingkaran tidak boleh kurang dari 2,5x diameter tiang. (SNI 2847:2019)

2.2 Sondir (Cone Penetration Test)

Tujuan dilakukannya sondir ini adalah untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter tersebut berupa perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_t) dan geseran total tanah (T_t) yang dipergunakan untuk interpretasi perlapisan tanah dan bagian dari desain pondasi. Koefisien konsolidasi merupakan beberapa pengukuran yang dapat dilihat juga hasilnya dengan melakukan tes sondir. (SNI 2827:2008)

2.3 Analisis Kapasitas Daya Dukung Dari Hasil Sondir

Kapasitas ultimit tiang diperoleh dari tahanan gesek sepanjang selimut tiang ditambah dengan tahanan ujung tiang, dengan rumus:

$$Q_{ult} = Q_s + Q_b \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

- Q_s = Kapasitas tahanan friksi ultimit.
- Q_b = Kapasitas tahanan ujung ultimit.
- Q_{ult} = Kapasitas ultimit tiang.

Dalam perhitungan sondir ada beberapa rumus yang disarankan untuk menentukan daya dukung, antara lain:

a) .. Metode Aoki dan De Alencar

Aoki dan De Alencar menyarankan rumus perhitungan daya dukung sebagai berikut:
 (Titi dan Farshakh, 1999)

Daya Dukung Ujung Tiang (Q_b)

$$q_b = \frac{q_{ca (base)}}{F_b} \dots\dots\dots 2.2$$

$$Q_b = q_b \times A_p \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana:

- q_b = Ujung persatuan luas.
- $q_{ca (base)}$ = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1.5D dibawah ujung tiang.
- F_b = Faktor empirik.
 (tergantung tipe tanah)
- A_p = Luas penampang tiang.

Daya Dukung Selimut (Q_s)

$$f = q_c (side) \frac{as}{F_s} \dots\dots\dots 2.4$$

$$Q_s = f \times A_s \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana:

- f = Tahanan kulit persatuan luas
- $q_{c(side)}$ = Perlawanan konus rata-rata
- as = Faktor empirik
- F_s = Faktor empirik tahanan kulit

b).. Metode Price dan Wardle

Price dan Wardle menyarankan rumus perhitungan daya dukung sebagai berikut: (Titi dan Farshakh, 1999)

Daya Dukung Ujung Tiang (Q_b)

$$q_t = k_b \times q_c \dots\dots\dots 2.6$$

$$Q_b = q_t \times A_p \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana:

- q_t = Perlawanan ujung sondir dengan faktor koreksi.
- k_b = Faktor pemancangan.
(0,35 pancang; 0,3 hidraulik)
- q_c = Tahanan ujung sondir.
- A_p = Luas penampang tiang.

Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

$$f = k_s \times f_s \dots\dots\dots 2.8$$

$$Q_s = f \times A_s \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana:

- f = Tahanan kulit tiang.
- k_s = Faktor pemancangan.
(0,53 pancang, 0,62 hidraulik, 0,49 bor)
- f_s = Perlawanan geser.
(tiang beton, $f_s = q_c/200$)
- A_s = Luas selimut tiang.

c).. Metode Meyerhof

Meyerhof menyarankan rumus perhitungan daya dukung sebagai berikut: (Hardiyatmo, 2014)

Daya Dukung Ujung Tiang (Q_b)

$$Q_b = q_c \times A_p \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana:

- q_c = Perlawanan konus rata-rata 8D diatas ujung tiang, 4D dibawah ujung tiang
- A_p = Luas penampang tiang.

Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

$$Q_s = f_s \times A_s \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana:

A_s = Luas selimut tiang.

f_s = Perlawanan geser.
(tiang beton, $f_s = q_c/200$)

d).. Metode Philipponnat

Philipponnat menyarankan rumus perhitungan daya dukung sebagai berikut: (Titi dan Farshakh, 1999)

Daya Dukung Ujung Tiang (Q_b)

$$q_{ca} = \frac{q_{ca(A)} + q_{ca(B)}}{2} \dots\dots\dots 2.12$$

$$Q_b = k_b \times q_{ca} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana:

k_b = Faktor tergantung tanah,

$q_{ca(A)}$ = Perlawanan konus rata-rata dalam 3B diatas ujung tiang.

$q_{ca(B)}$ = Perlawanan konus rata-rata dalam 3B dibawah ujung tiang.

Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

$$Q_s = \frac{K_t}{2} \times JHP \dots\dots\dots 2.14$$

Dimana:

JHP = Jumlah Hambatan Lekat.

K_t = Keliling Tiang.

2.4 Pile Driving Analyzer Test (PDA Test)

Pile Driving Analyzer Test (PDA Test) adalah jenis pengujian pondasi dengan memberikan impact/tumbukan kepada pondasi dengan *Hammer* dimana pondasi tersebut telah dipasang sensor *Transducer (velocity)* dan *Accelerometer (force)*. Tujuan pengujian tiang dengan *Pile Driving Analyzer Test* adalah untuk mendapatkan data sebagai berikut: Daya Dukung aksial tiang, Keutuhan/Integritas tiang, Efisiensi energi yang ditransfer.

3. METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Lokasi penelitian ini dipilih pada Gedung J – Universitas Kristen Petra Surabaya, Jawa Timur. Gedung J – Universitas Kristen Petra difungsikan sebagai Laboratorium Akustik ini melakukan pengembangan gedung dari lantai 2 ke lantai 3. Waktu pengambilan data dilakukan pada tanggal 19 Desember 2022 di PT. Immanuel Muliajaya Konstruksi.

3.2 Metode Studi Pustaka

Metode studi pustaka atau studi kepustakaan merupakan metode awal yang dilakukan peneliti sebagai langkah awal untuk menyusun penelitian ini. Tujuan dari metode studi pustaka ini adalah untuk mengumpulkan informasi seputar penelitian yang diambil yang bersumber dari buku-buku, literatur, catatan-catatan, dan laporan-laporan yang ada hubungannya dengan masalah yang dipecahkan.

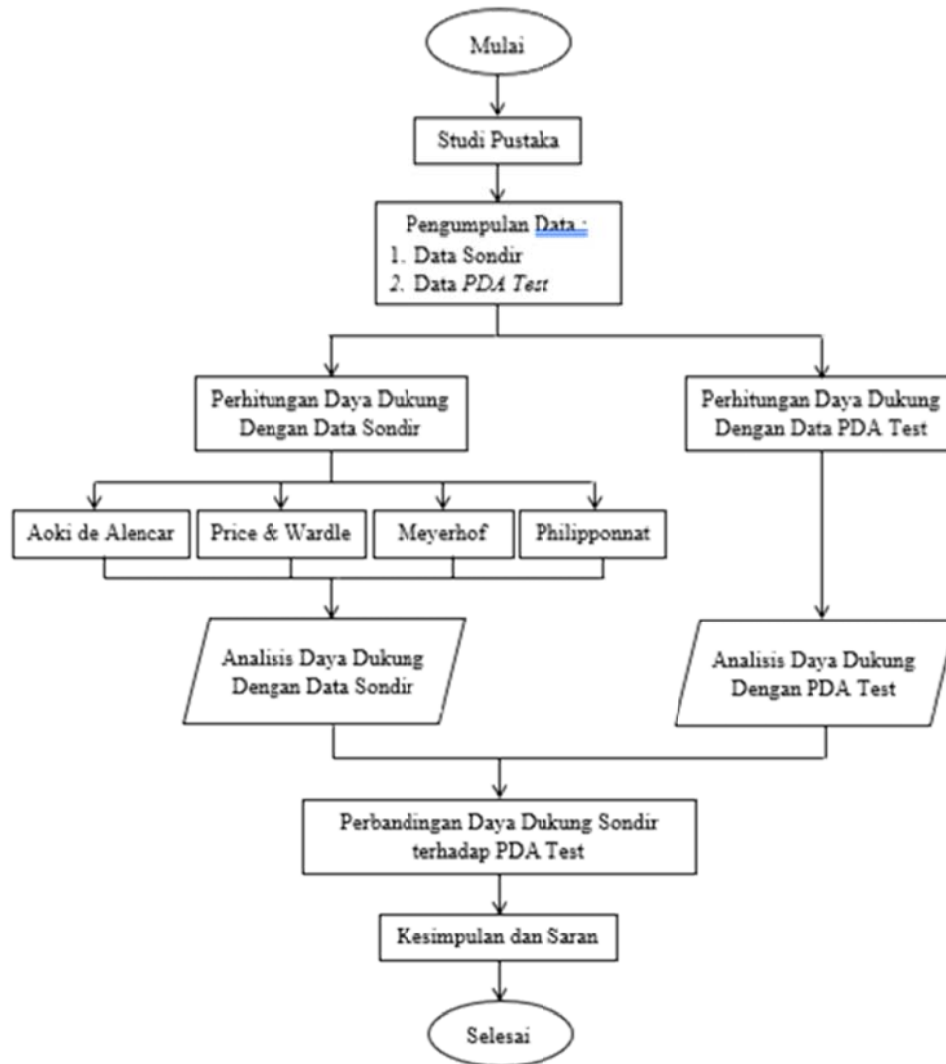
3.3 Metode Penentuan Subjek

Metode penentuan subjek merupakan metode yang digunakan untuk mencari variabel guna dijadikan sasaran dalam penelitian yang dilakukan. Adapun variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data sondir dan data output hasil CAPWAP pada test PDA. Variabel – variabel diatas diperlukan untuk penyelesaian penelitian ini.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang didapat dari instansi terkait dan data sekunder ini merupakan berbagai informasi yang telah ada sebelumnya, dengan sengaja dikumpulkan oleh peneliti guna melengkapi kebutuhan data penelitian.

3.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

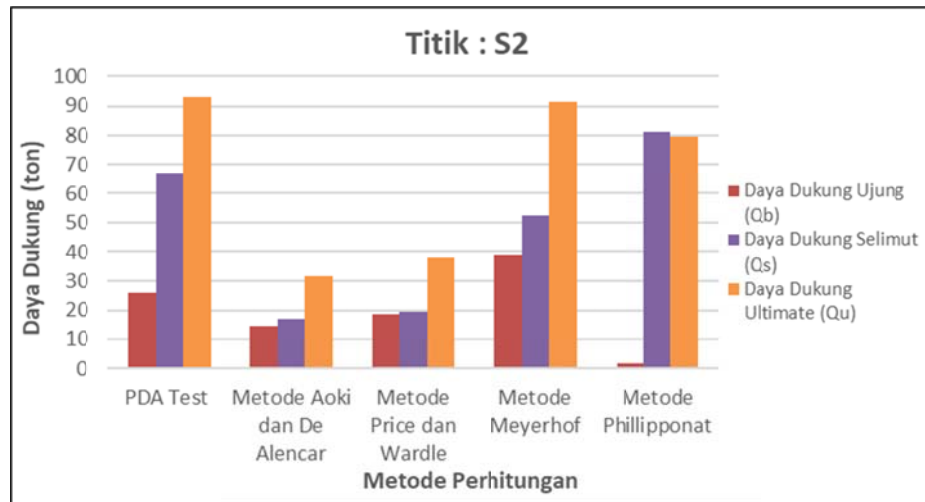
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Perbandingan Daya Dukung Sondir dengan PDA Test

Hasil perhitungan daya dukung dari data sondir dengan metode statis disimpulkan pada:

Tabel 1 Hasil Perhitungan Daya Dukung Sondir dan PDA Test

Metode Perhitungan	Daya Dukung (ton)		
	Ujung (Q_b)	Selimut (Q_s)	Ultimate (Q_u)
PDA Test	26	67	93
Metode Aoki dan De Alencar	14,533	16,956	31,761
Metode Price dan Wardle	18,463	19,386	37,849
Metode Meyerhof	38,951	52,381	91,333
Metode Phillipponat	1,867	81,052	79,526

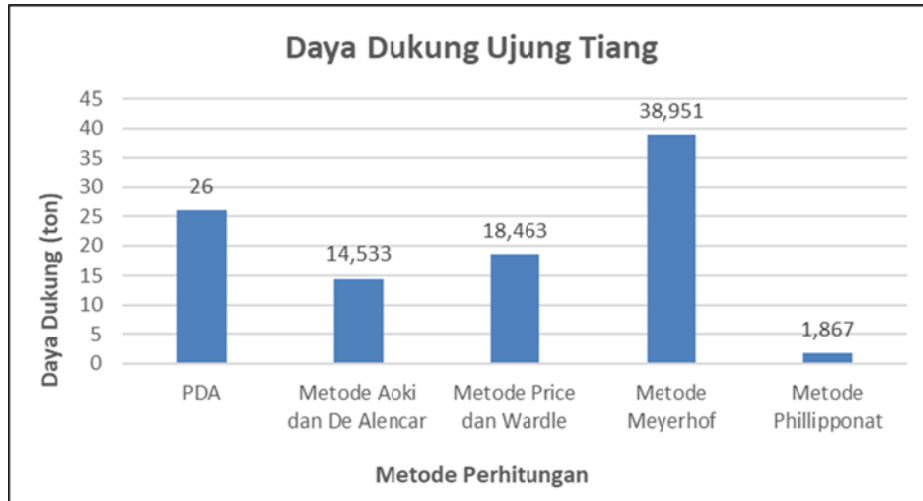


Gambar 2. Grafik Daya Dukung Ujung, Selimut, dan Ultimate pada Titik Sondir

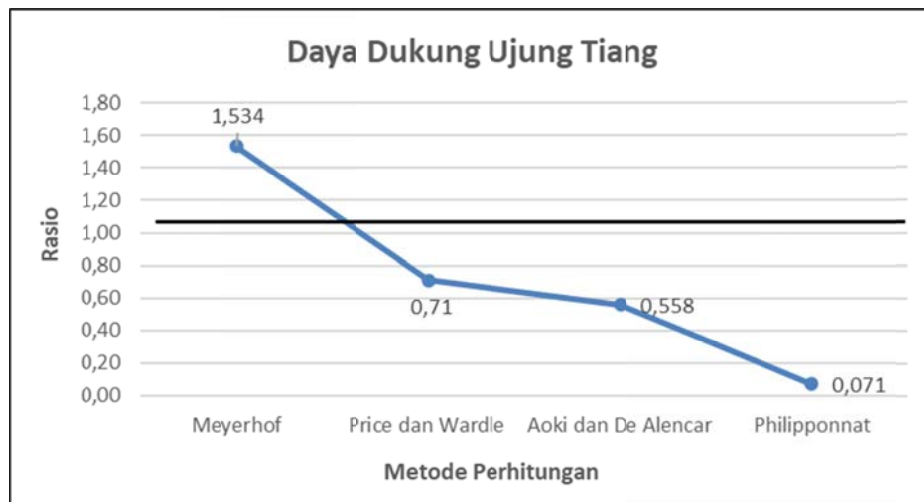
4.2 Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang (Q_b)

Tabel 2. Perbandingan Daya Dukung Ujung Tiang

No	Daya Dukung Ujung Tiang (ton)			Rasio
	Sondir		PDA	
	Metode	Hasil	Hasil	
1	Aoki	14,533	26	0,558
2	Price	18,463	26	0,710
3	Meyerhof	38,951	26	1,534
4	Phillipponat	1,867	26	0,071



Gambar 3. Grafik Perbandingan Daya Dukung Ujung Tiang



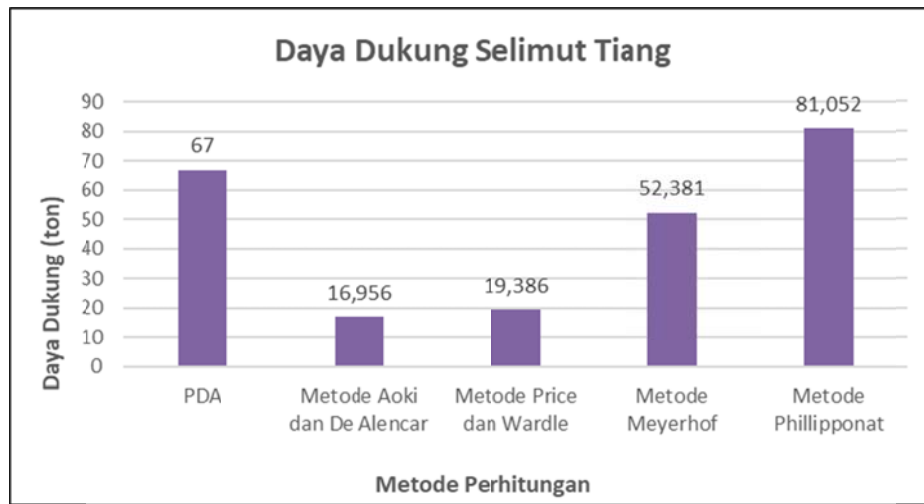
Gambar 4. Grafik Rasio Daya Dukung Ujung Tiang

Berdasarkan perbandingan Daya Dukung Ujung Tiang (Q_b) dari pengujian sondir terhadap pengujian PDA, maka dapat disimpulkan bahwa metode sondir yang paling mendekati nilai 1 terhadap pengujian PDA adalah Metode Price dan Wardle (0,710) dan Metode Aoki dan De Alencar (0,558).

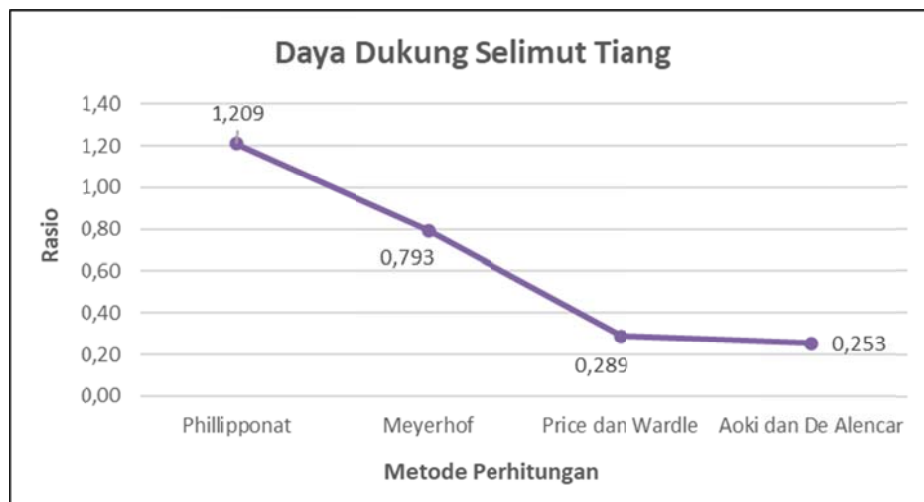
4.3 Kapasitas Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

Tabel 3. Perbandingan Daya Dukung Selimut Tiang

No	Daya Dukung Selimut Tiang (ton)			Rasio
	Sondir		PDA	
	Metode	Hasil	Hasil	
1	Aoki	16,956	67	0,253
2	Price	19,386	67	0,289
3	Meyerhof	52,381	67	0,793
4	Phillipponat	81,052	67	1,209



Gambar 5. Grafik Perbandingan Daya Dukung Selimut Tiang



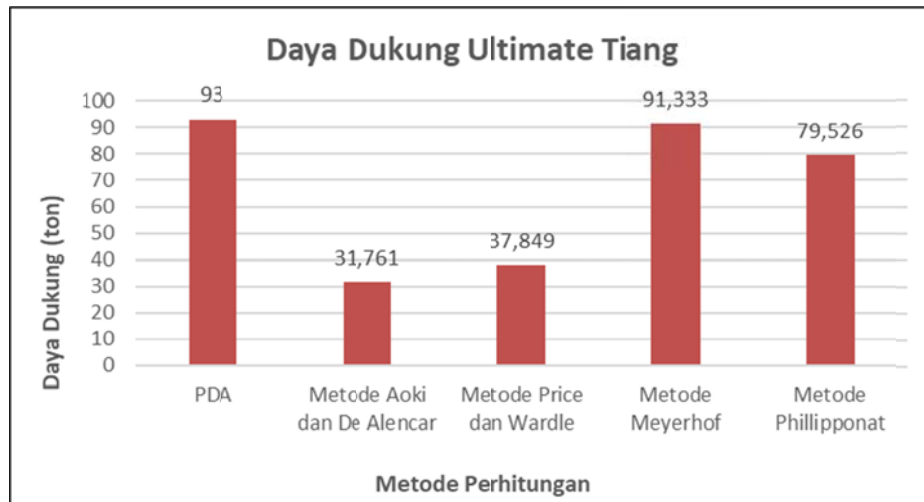
Gambar 6. Grafik Rasio Daya Dukung Selimut Tiang

Berdasarkan perbandingan Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s) dari pengujian sondir terhadap pengujian PDA, maka dapat disimpulkan bahwa metode sondir yang paling mendekati nilai 1 terhadap pengujian PDA adalah Metode Meyerhof (0,878) dan Metode Phillipponat (1,350).

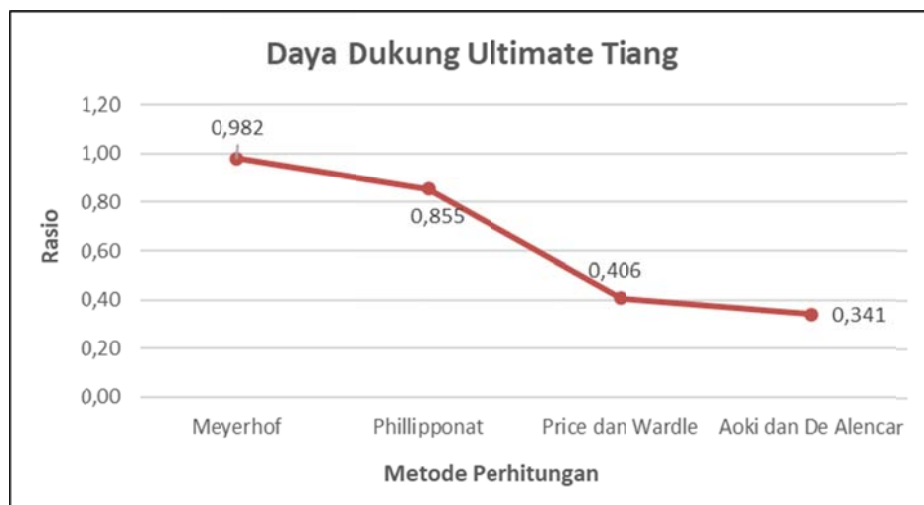
4.4 Kapasitas Daya Dukung Ultimate Tiang (Q_u)

Tabel 4. Perbandingan Daya Dukung Ultimate Tiang

No	Daya Dukung Ultimate Tiang (ton)			Rasio
	Sondir		PDA	
	Metode	Hasil	Hasil	
1	Aoki	31,761	93	0,341
2	Price	37,849	93	0,406
3	Meyerhof	91,333	93	0,982
4	Phillipponat	79,526	93	0,855



Gambar 7. Grafik Perbandingan Daya Dukung Ultimate Tiang



Gambar 8. Grafik Rasio Daya Dukung Ultimate Tiang

Berdasarkan perbandingan Daya Dukung Ultimate Tiang (Q_u) dari pengujian sondir terhadap pengujian PDA, maka dapat disimpulkan bahwa metode sondir yang paling mendekati nilai 1 terhadap pengujian PDA adalah Metode Meyerhof (0,982).

Nilai rasio Daya Dukung Ultimate (Q_u) ini menguatkan nilai rasio sebelumnya dimana Metode meyerhof masuk kategori dengan nilai rasio Daya Dukung Selimut (Q_s) terhadap Daya Dukung PDA mendekati 1. Maka Metode Meyerhof pada pengujian Sondir di Titik ini sangat berhubungan dengan PDA.

5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang (Q_b) sebesar 17,045 ton (Aoki dan De Alencar) ; 22,859 ton (Price dan Wardle) ; 42,112 ton (Meyerhof) ; 2,198 ton (Phillipponat).

- b. Kapasitas Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s) sebesar 17,898 ton (Aoki dan De Alencar) ; 24,002 ton (Price dan Wardle) ; 56,223 ton (Meyerhof) ; 86,456 ton (Philipponnat).
- c. Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang (Q_u) sebesar 34,943 ton (Aoki dan De Alencar) ; 46,861 ton (Price dan Wardle) ; 98,335 ton (Meyerhof) ; 88,654 ton (Philipponnat).

5. 1. Saran

Dalam melakukan perbandingan data penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan lebih banyak sampel agar mendapatkan hasil yang lebih akurat yaitu tingkat kesalahan makin kecil. Disamping itu, dengan data yang cukup banyak, perbandingan dengan metode statis memungkinkan untuk dilakukan.

REFERENSI

- Agus M. 2023. *Analisis Hasil Pengujian Sondir untuk Mengetahui Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang dan Boredpile Terhadap Variasi Dimensi di Lokasi Ubhara Surabaya*. Jurnal Inter Tech – Vol. 1, No. 1 : 43 - 51
- Agus M dkk. 2022. *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Sistem Hidrolis Pada Proyek Pembangunan Gedung RSUD Campurdarat, Kabupaten Tulungagung*. Journal of Applied Civil and Environmental Engineering - Vol.2, No.2 : 77 -86.
- Das, Braja M. 1990. *Principles of Foundation Engineering*. United State of America, ed. 8 Number. 01.
- Girsang, Priscilia. 2009. *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tunggal Proyek Pembangunan Gedung Crystal Square Jl. Imam Bonjol No. 6 Medan*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Gunawan, Muhammad dkk,. 2014. *Rasio Nilai Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Sondir, Kalendering dan Tes PDA Jembatan Relawan Kabupaten Parigi Moutong*. Infrastruktur. Vol. 4 No. 1.
- Hadi, M. 2021. *PDA Test Untuk Tiang Pancang Beton Pondasi Dalam*. <https://www.ilmubeton.com/2019/05/PDAPileDrivingAnalyzerTest.html>. (Diakses: 23 Oktober 2022)
- Hardiyatmo, H.C., 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. PT. Gramedia, Jakarta.
- Ir. Hanafiah H.Z.,M.T, dkk. 2020. *Rekaya Fondasi untuk Program Vokasi*. PT. Andi, Yogyakarta.
- Jirna, Wayan. 2020. *Perbandingan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor Tunggal Menggunakan Data Standard Penetration Test (SPT) dan Pile Driving Analyzer (PDA) Test Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan Malang*. Jurnal Bangunan. Vol. 24 No. 1.
- Laporan Pengujian Tanah PT. Immanuel Muliajaya Konstruksi. 2021. *Laporan Penyelidikan Tanah Lab Akustik Gedung J Universitas Kristen Petra Surabaya*. PT. Sarana Data Persada, Surabaya.
- Laporan Pengujian Tanah PT. Immanuel Muliajaya Konstruksi. 2021. *Pengujian Beban Dinamik Pondasi Tiang Menggunakan PDA (Pile Driving Analyzer)*. PT. Geotes Regio Inti, Surabaya.
- Pamungkas, Anugrah. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa*. PT. Andi, Yogyakarta.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29/PRT/M/2006 Tentang *Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung*.
- Robertson, P.K. and Campanella, R.G. 1983. *Interpretation of Cone Penetration Tests Sands and Clays*. Canadian Geotechnical Journal, 20, 719-745.
- SNI 2847:2019 Tentang *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*.
- SNI 8460:2017 Tentang *Persyaratan Perancangan Geoteknik*.
- SNI 2827:2008 Tentang *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir*.
- Soetojo, Moesdarjono. 2014. *Teknik Pondasi Pada Lapisan Batuan Edisi Ke – 2*. ITSPRESS, Surabaya
- Titi, H. and Farsakh, M. A. Y,. 1999. *Evaluation of Bearing Capacity of Piles from Cone Penetration Test*. Louisiana Transportation Research Center.