



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Perbandingan Kuat Dukung Pondasi Tiang Mini berdasarkan Hasil *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) dan Metode Empiris

Puspa Ningrum^{a*}, Muhammad Toyeb^b, Rizki Hamdani^c

^{a,c}Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurrab, Jl. Riau Ujung No.73, Pekanbaru 28292, Indonesia

^bProgram Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Lancang Kuning, Jl. Yos Sudarso KM.8, Rumbai, Pekanbaru 28265, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 30 Desember 2024

Revisi Akhir: 25 Juni 2025

Diterbitkan Online: 29 Juni 2025

KATA KUNCI

Kuat dukung pondasi minipile

Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)

Metode Mayerhoff

Metode Janbu

Metode Vesic

KORESPONDENSI*

Telepon: +62 815-3743-5568

E-mail: puspa.ningrum@univrab.ac.id

ABSTRACT

Pada umumnya, pondasi sebagai elemen struktur bawah terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi berfungsi sebagai elemen struktur bawah yang menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah keras. Untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur, diperlukan investigasi tanah terlebih dahulu guna memahami jenis dan karakteristik tanah sebelum menentukan jenis pondasi yang akan digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan daya dukung pondasi tiang pancang mini (*minipile*) pada proyek pembangunan rumah tinggal dua lantai menggunakan metode empiris dan metode statis dengan alat *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD). Penyelidikan tanah dilakukan menggunakan uji *Cone Penetration Test* (CPT) atau sondir di tiga titik pengujian untuk mendapatkan data karakteristik tanah. Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa lapisan tanah keras berada pada kedalaman lebih dari 15 meter. Oleh karena itu, digunakan pondasi dalam berupa tiang pancang mini dengan dimensi 20×20 cm yang dipancang menggunakan HSPD untuk mengurangi gangguan pada lingkungan sekitar. Daya dukung pondasi dianalisis dengan metode empiris, yaitu Mayerhoff, Janbu, dan Vesic, serta dibandingkan dengan hasil uji HSPD yang mencerminkan kondisi aktual lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya dukung izin rata-rata berdasarkan uji HSPD adalah 24,2 ton. Sedangkan hasil dari analisis perhitungan metode empiris diperoleh daya dukung izin rata-rata sebesar 8,34 ton. Perbandingan hasil analisis metode empiris dengan metode statis menggunakan alat HSPD yaitu sekitar lebih kurang tiga kali lipat, dimana nilai analisis metode empiris lebih kecil dari HSPD.

1. PENDAHULUAN

Secara umum pondasi sebagai struktur bawah terdiri dari dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan pondasi yang dilakukan untuk jenis konstruksi beban ringan dengan kondisi lapisan tanah dasar yang baik dan letaknya tidak terlalu dalam, umumnya memakai tipe pondasi dangkal. Sedangkan pada bangunan dengan beban yang besar dan lapisan tanah keras berada jauh dipermukaan dapat menggunakan pondasi dalam [1].

Agar tidak terjadi kegagalan konstruksi, perlu dilakukan penyelidikan tanah untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah, sebelum pemilihan pondasi ditentukan. Karena pondasi merupakan bagian dari struktur bawah konstruksi yang akan menyalurkan beban yang terjadi pada struktur atas ke dalam lapisan tanah keras [2].

Untuk menentukan pondasi yang aman diperlukan analisa dengan berbagai metode, yang bertujuan memperoleh daya dukung kritis [3]. Pada perhitungan daya dukung

tiang, diperlukan data penyelidikan tanah lapangan yaitu berupa data dari hasil *Standard Penetration Test* (SPT) ataupun *Cone Penetration Test* (CPT) yang lebih dikenal dengan uji sondir.

Pada studi kasus penelitian ini dilakukan penyelidikan tanah menggunakan uji sondir untuk proyek pembangunan rumah tinggal 2 lantai, dimana diperoleh posisi tanah keras berada jauh dari permukaan sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan pondasi dangkal. Oleh karena itu digunakan pondasi tiang pancang mini (*minipile*) yang termasuk jenis dari pondasi dalam yang memiliki dimensi lebih kecil dibandingkan tiang pancang konvensional [4]. Penggunaan pondasi *minipile* di lokasi proyek disebabkan karena tidak diizinkannya pemancangan menggunakan *drop hammer* oleh warga sekitar lokasi proyek karena dapat menimbulkan masalah baru terhadap rumah warga di sekitar proyek, sehingga pondasi ini dijadikan solusi untuk mengurangi gangguan terhadap bangunan disekitarnya. Selain itu, pondasi tiang mini memiliki keunggulan seperti pemasangan yang relatif cepat, sehingga pihak manajemen proyek memilih menggunakan pondasi *minipile* dengan cara pemancangan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD).

Penelitian terdahulu telah banyak dilakukan dalam menganalisis kuat dukung pondasi tiang pancang khususnya dalam membandingkan daya dukung hasil uji dinamis dengan metode empiris, diantaranya [5][6] melakukan analisis daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan hasil N-SPT menggunakan beberapa metode empiris yang terkoreksi dari hasil uji PDA, dimana hasil dari analisis hasil N-SPT terkoreksi menggunakan metode empiris memiliki nilai daya dukung ultimit yang lebih kecil dari hasil uji PDA. Sehingga dalam mendesain pondasi tiang dalam kondisi aman, dapat disarankan menggunakan pendekatan metode empiris. Selanjutnya [7] meneliti tentang perbandingan daya dukung tiang pancang menggunakan beberapa metode empiris dari data SPT, yaitu Mayerhoff, Terzaghi, dan Vesic dengan faktor keamanan yang sama. Diperoleh hasil daya dukung tiang yang paling baik digunakan adalah perhitungan menggunakan Terzaghi karena memiliki nilai daya dukung paling besar.

Namun hingga saat ini, masih terdapat kesenjangan penelitian yang membahas secara komprehensif perbandingan antara hasil daya dukung pondasi tiang khususnya tiang pancang mini (*minipile*) menggunakan metode statis dan metode empiris. Kurangnya studi dalam topik ini menyulitkan praktisi untuk memilih metode yang paling sesuai berdasarkan kondisi lapangan tertentu. Selain itu, belum ada studi yang membandingkan hasil

HSPD dan metode empiris secara langsung pada kasus minipile di lokasi dengan kondisi tanah seperti pada penelitian ini.

Berdasarkan uraian diatas, maka untuk memastikan kapasitas daya dukung pondasi tiang mini yang digunakan, analisis perbandingan diperlukan antara metode empiris dan metode statis dengan cara pengujian langsung di lapangan seperti *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD). Metode HSPD memberikan data aktual dari hasil pengujian langsung di lapangan yang dianggap lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya, sedangkan metode empiris didasarkan pada pendekatan perhitungan dengan formula yang mengacu pada parameter tanah dari hasil penyelidikan tanah di lapangan. Dengan adanya perbandingan ini, diharapkan dapat diperoleh hasil analisis yang lebih akurat dan relevan terhadap kondisi tanah di lokasi proyek, sehingga dapat meningkatkan keandalan desain pondasi serta meminimalkan risiko kegagalan struktur.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Penyelidikan Tanah Lapangan*

Penyelidikan tanah merupakan metode untuk mengetahui karakteristik dan kuat dukung tanah yang akan digunakan sebagai dasar dari sebuah bangunan konstruksi. Penyelidikan tanah harus dilakukan sebelum menentukan jenis pondasi apa yang akan digunakan. Penyelidikan tanah yang dilakukan di lapangan (*in-situ field test*) yang biasa dilakukan di Indonesia adalah Uji Sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) dan Uji *Standard Penetration Test* (SPT).

2.1.1. *Standard Penetration Test (SPT)*

Standard Penetration Test (SPT) merupakan metode penyelidikan tanah dilapangan yang biasanya digunakan untuk mengambil sampel tanah yang dapat diuji dilaboratorium. Alat uji SPT berbentuk tabung selubung bor yang ujungnya dirancang untuk memudahkan pengambilan sampel tanah [8]. SPT adalah metode yang sederhana, ekonomis, dan banyak digunakan dalam penyelidikan tanah untuk berbagai proyek konstruksi. Namun, hasilnya memiliki keterbatasan seperti sensitivitas terhadap alat dan operator, sehingga sering perlu dikombinasikan dengan metode lain. Sistem kerjanya menggunakan palu berbobot 63,5 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 76 cm (30 in), lalu dihitung jumlah pukulan untuk setiap kedalaman penetrasi dimana terdapat 3 buah nilai tumbukan yaitu N₁, N₂, dan N₃. Untuk kebutuhan analisis kuat dukung dan keperluan desain pondasi digunakan nilai jumlah 2 tumbukan terakhir yang dikenal dengan N-SPT [8].

2.1.2. Cone Penetration Test (CPT)

Cone Penetration Test (CPT) atau yang sering dikenal dengan uji sondir merupakan metode penyelidikan tanah dilapangan yang digunakan untuk mengukur sifat mekanis dan stratifikasi tanah tanpa perlu menggali atau mengambil sampel. Alat uji CPT ini adalah sebuah alat yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60° dan luasan ujung $1,54 \text{ in}^2$ (10 cm^2), alat ini lebih mudah dibawa, dioperasikan, dan relatif cepat serta murah dalam memperkirakan nilai kuat dukung tanah. Selain itu, hasil pengujian sondir memberikan data yang dapat diandalkan dimana untuk pengujian yang sama pada titik yang berdekatan akan memberikan nilai yang berdekatan pula. Uji sondir tidak memungkinkan dalam pengambilan sampel tanah secara langsung, karena uji ini hanya mengukur resistensi ujung kerucut dan gesekan selubung selama penetrasi ke dalam tanah. CPT memberikan data mekanis yang kontinu, seperti profil lapisan tanah, namun tidak menyediakan sampel tanah untuk diuji di laboratorium [9].

2.2. Pondasi tiang mini (*minipile*)

Pondasi tiang mini (*minipile*) adalah salah satu jenis pondasi dalam yang memiliki dimensi lebih kecil dibandingkan dengan tiang pancang konvensional. Tiang mini biasanya digunakan untuk mendukung bangunan dengan beban sedang hingga ringan atau pada lokasi proyek dengan keterbatasan ruang dan akses. Biasanya memiliki diameter tiang berkisar antara 15-30 cm, dengan panjang yang disesuaikan kebutuhan dan umumnya terbuat dari beton pracetak bertulang atau baja. Secara umum, ada berbagai jenis tiang pancang mini pile, yaitu minipile 20x20 kotak, minipile 25x25 kotak, minipile 28x28 segitiga, dan minipile 32x32 segitiga. Setiap jenis tiang mini pile mempunyai daya dukung tiang yang berbeda, berkisar 20-40 ton [10].

2.3. Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)

Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) merupakan salah satu metode pemancangan tiang pondasi dengan sistem *jack-in pile* dimana tiang pancang ditekan ke dalam tanah dengan menggunakan dongkrak hidrolik yang diberi *counterweight* agar alat pancang tidak terangkat dan membantu memancang tiang hingga tercapai Kuat dukung desainnya. HSPD ini beroperasi menggunakan *fluida hidrolik*. Dimana sistem pemancangan tiang dengan cara menekan tiang masuk ke dalam tanah dengan menggunakan kekuatan sistem hidrolik yang mendapat reaksi pembebanan dari *counterweight* [11].

Pemancangan dengan menggunakan HSPD memiliki keunggulan utama karena tidak menghasilkan getaran

maupun kebisingan. Alat ini juga memungkinkan pengukuran gaya tekan pada tiang secara langsung melalui manometer. HSPD sering digunakan di daerah dengan kepadatan penduduk tinggi atau lokasi proyek yang berada di tengah kota. Namun, tiang pancang yang dapat dipasang dengan alat ini umumnya berukuran lebih pendek dibandingkan dari alat lainnya. Karena itu, HSPD sangat sesuai untuk digunakan pada area proyek konstruksi yang tidak terlalu luas [11].

Ada beberapa macam kapasitas alat HSPD yang sering digunakan, yaitu:

1. HSPD yang memiliki tekanan maks.120 ton, digunakan untuk memancang tiang pancang kotak ukuran $20 \times 20 \text{ cm}$ sampai $35 \times 35 \text{ cm}$, dan *spun pile* ukuran diameter 30 - 35 cm.
2. HSPD yang memiliki tekanan maks.150 ton, digunakan untuk memancang tiang pancang kotak ukuran $20 \times 20 \text{ cm}$ sampai $35 \times 35 \text{ cm}$, dan *spun pile* ukuran diameter 30 - 40 cm.
3. HSPD yang memiliki tekanan maks.240 ton, digunakan untuk memancang tiang pancang kotak ukuran $20 \times 20 \text{ cm}$ sampai $45 \times 45 \text{ cm}$, dan *spun pile* ukuran diameter 30 - 50 cm.
4. HSPD yang memiliki tekanan maks.320 ton, digunakan untuk memancang tiang pancang kotak ukuran $20 \times 20 \text{ cm}$ sampai $50 \times 50 \text{ cm}$, dan *spun pile* ukuran diameter 30 - 50 cm.
5. HSPD yang memiliki tekanan maks.420 ton, digunakan untuk memancang tiang pancang kotak ukuran $20 \times 20 \text{ cm}$ sampai $55 \times 55 \text{ cm}$, dan *spun pile* ukuran diameter 30 - 60 cm.

2.4. Kuat Dukung Pondasi Tiang

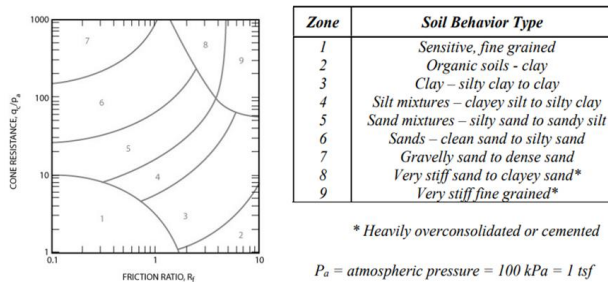
Dalam merencanakan pondasi tiang pancang, data hasil penyelidikan tanah sangat penting untuk menghitung kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) tiang sebelum konstruksi dimulai, sehingga kapasitas ultimit tiang dapat ditentukan dengan tepat [12].

2.4.1. Berdasarkan data hasil Standard Penetration Test (SPT)

Metode perhitungan daya dukung pondasi menggunakan data hasil penyelidikan tanah dari uji SPT (*Standard Penetration Test*) melibatkan beberapa pendekatan yang umum digunakan, tergantung pada jenis tanah dan kondisi proyek. Untuk perhitungan daya dukung tiang menggunakan daya dukung selimut tiang dan daya dukung ujung tiang dibedakan pada tanah kohesif dan non kohesif.

2.4.2. Berdasarkan data hasil Cone Penetration Test (CPT)

Uji CPT menghasilkan parameter seperti nilai resistensi ujung kerucut (q_c) dan tahanan selimut (f_s) yang digunakan untuk perhitungan kuat dukung pondasi. Selanjutnya dapat diprediksi jenis tanah berdasarkan hubungan nilai q_c dan rasio gesekan (FR) yaitu seperti gambar dibawah ini yang dinamakan *Soil Behavior Type* (SBT) [13].

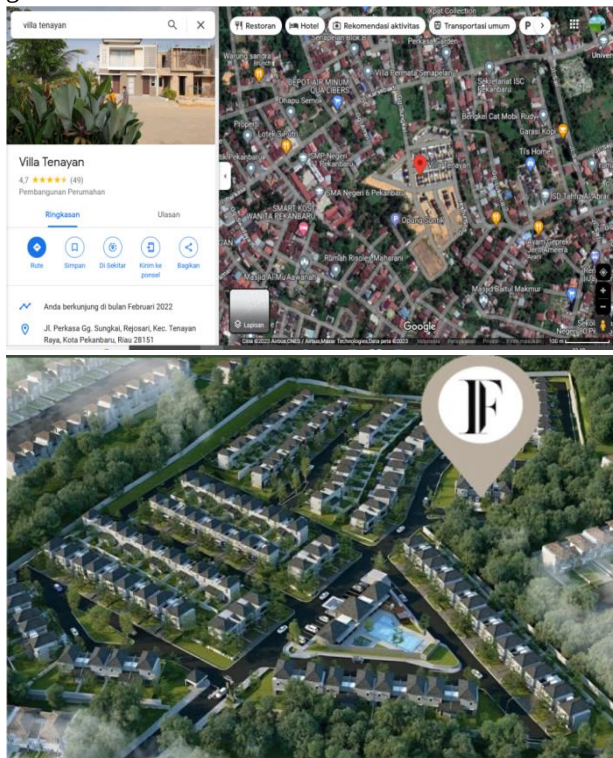


Gambar 1. Bagan Soil Behavior Type dan klasifikasi berdasarkan zona
(Sumber: Robertson, 2022)

3. METODOLOGI

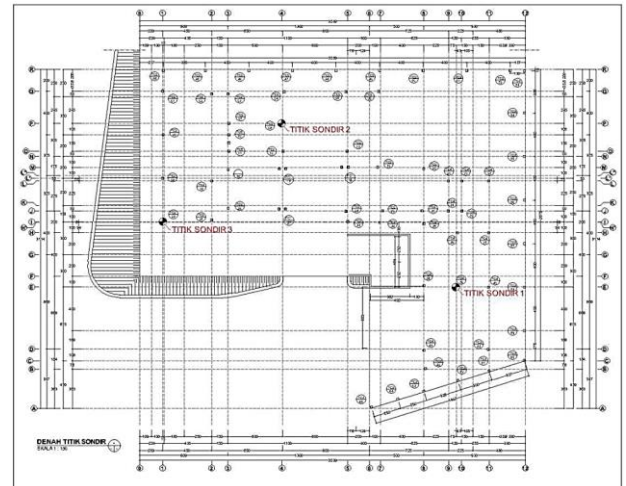
3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada proyek pembangunan perumahan rumah tinggal dua lantai yang terletak di jalan Perkasa Gang Sungkai, Rejosari, Kecamatan Tenayan Raya, Pekanbaru Kota. Untuk lebih jelas dapat melihat gambar berikut.



Gambar 2. Lokasi penelitian

(Sumber: DED Proyek Villa Tenayan, 2023)



Gambar 3. Denah titik pondasi dan titik sondir di lokasi penelitian

(Sumber: DED Proyek Villa Tenayan, 2023)

3.2. Pengumpulan Data Penelitian

Data penelitian yang dikumpulkan berupa data sekunder yaitu hasil penyelidikan tanah CPT (sondir) dan hasil uji *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) dengan kapasitas maksimal 120 ton. Pada penelitian ini mengambil data dari 12 titik *minipile* hasil uji alat HSPD yang terdekat dari 3 titik pengujian sondir.

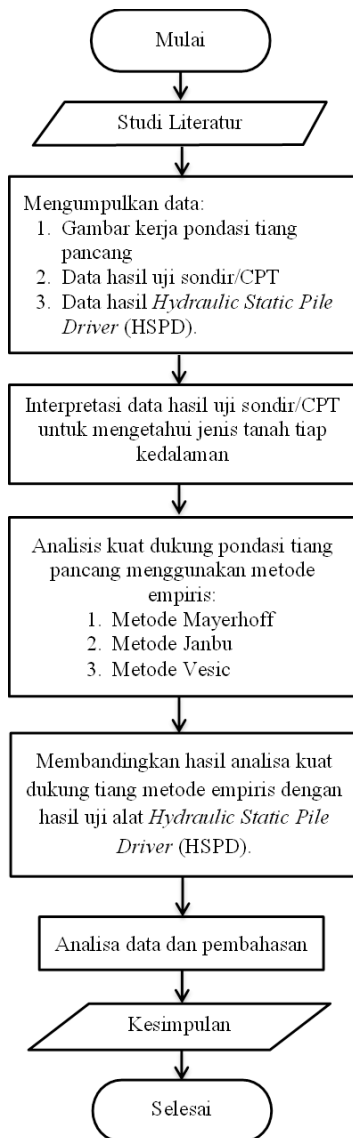
Analisis daya dukung tiang berdasarkan hasil uji HSPD mengacu pada prosedur yang sesuai dengan SNI 2833:2016 dan ASTM D1143. Sementara untuk analisis daya dukung empiris merujuk pada pendekatan dari SNI 8460:2017 yang menggunakan parameter hasil penyelidikan tanah CPT (sondir).

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

1. Mengumpulkan data, yaitu gambar kerja pondasi tiang pancang, data sondir/CPT, data alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD).
2. Mendapatkan data pembebanan bangunan rumah tinggal 2 lantai menggunakan standar SNI-1726:2019.
3. Melakukan interpretasi data hasil uji sondir/CPT untuk mengetahui jenis tanah tiap kedalaman.
4. Menghitung dan menganalisa kuat dukung pondasi tiang pancang menggunakan metode empiris yaitu metode Mayerhoff, Janbu, dan metode Vesic.
5. Membandingkan hasil analisa kuat dukung tiang metode empiris dengan hasil uji alat *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD).

Untuk lebih memudahkan peneliti dalam pelaksanaan, maka dibuat diagram alir penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 4.

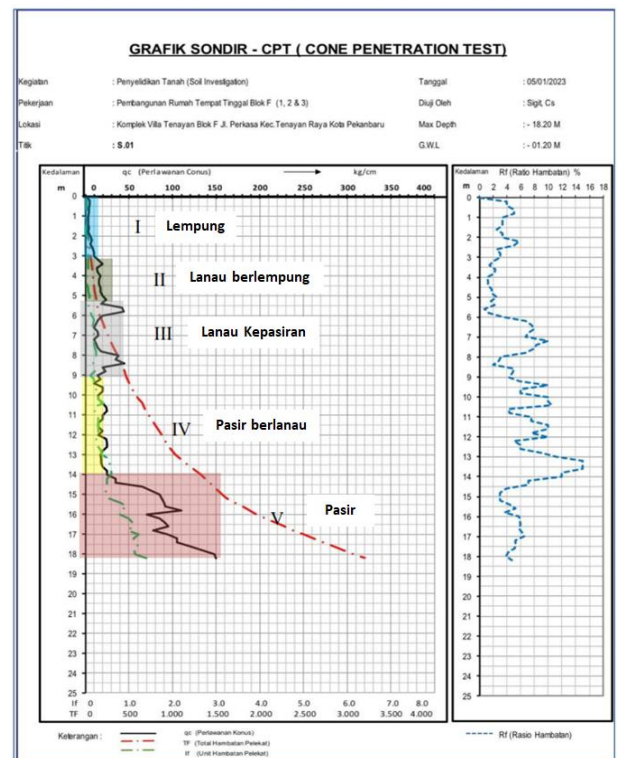


Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

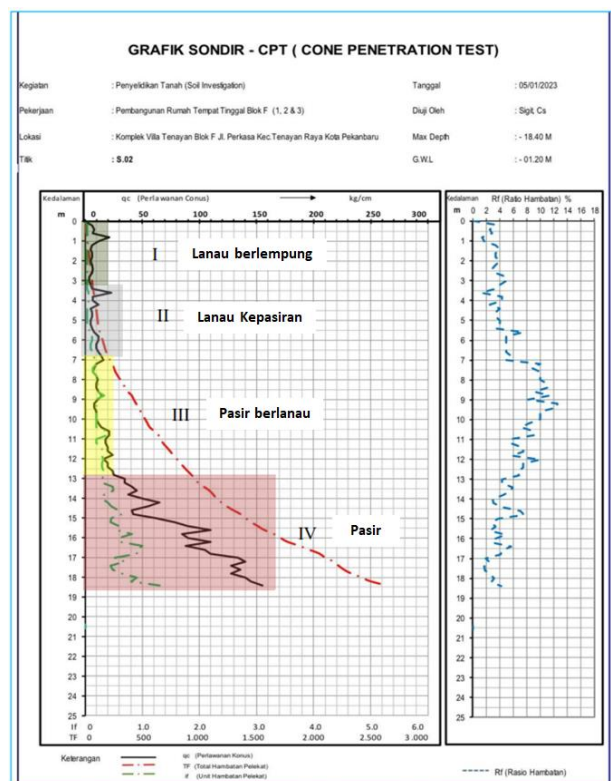
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil interpretasi dari pengujian lapangan

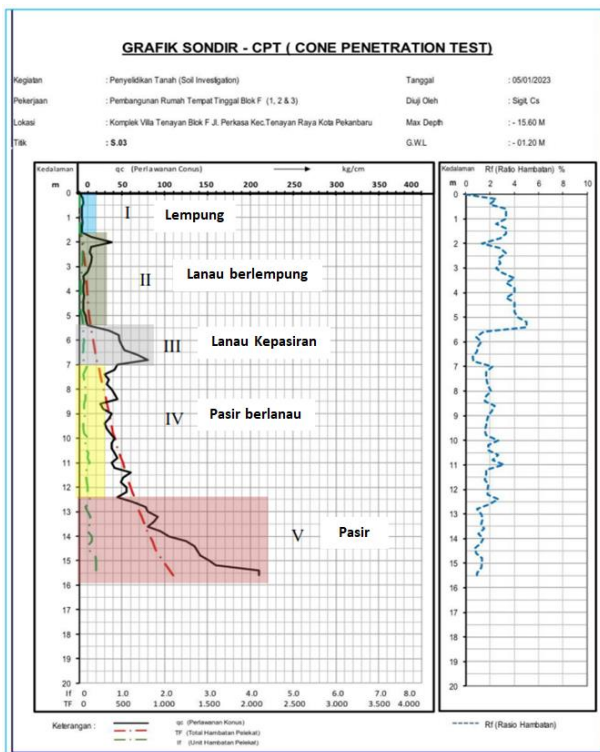
Berikut data pengujian lapangan berupa hasil uji sondir/CPT sebanyak 3 titik pengujian.



Gambar 5. Grafik sondir 1 (kedalaman hingga 18,2 m)
(Sumber: dokumen Proyek Villa Tenayan, 2023)



Gambar 6. Grafik sondir 2 (kedalaman hingga 18,4 m)
(Sumber: dokumen Proyek Villa Tenayan, 2023)



Gambar 7. Grafik sondir 3 (kedalaman hingga 15,6 m)
(Sumber: dokumen Proyek Villa Tenayan, 2023)

Berdasarkan hasil uji sondir/CPT pada 3 titik pengujian lapangan dapat diketahui bahwa pada kedalaman lebih dari 15 m, nilai resistensi ujung kerucut (q_c) > 120 kg/cm², sehingga interpretasi kondisi tanah berupa pasir padat. Untuk rekapitulasi data CPT dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Data hasil pengujian Cone Penetration Test (CPT)

Titik Sondir	Kedalaman (m)	Nilai tahanan kerucut, q_c (kg/cm ²)	Jumlah Hambatan Lekat, JHL (kg/cm ²)
S.01	18,2	150	220
S.02	18,4	155	220
S.03	15,6	210	230

4.2. Hasil uji alat HSPD

Data hasil uji alat HSPD sebanyak 12 tiang, dengan dimensi minipile 20×20 cm dan kedalaman tiang lebih dari 20 m, diperoleh nilai gaya tekan (*pile penetration*) sebesar 72,7 ton untuk semua tiang.

Gambar 8. Contoh hasil bacaan alat HSPD pada tiang 36
(Sumber: dokumen Proyek Villa Tenayan, 2023)

Nilai gaya tekan ini mencerminkan resistensi tanah terhadap tiang yang disebut sebagai nilai kuat dukung ultimit (*Qult*). Selanjutnya untuk mendapatkan nilai kuat dukung izin (*allowable bearing capacity, Qall*) dapat dibagi dengan faktor keamanan. Untuk lebih lengkap, hasil uji alat HSPD dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian daya dukung dengan alat HSPD

Titik Sondir	No. Tiang	Dimensi Tiang (cm)	Kedalaman (m)	<i>Qult</i> (Ton)	Faktor Keamanan (FS)	<i>Qall</i> (Ton)
S.01	36	20 × 20	23	72,7	3	24,2
	37	20 × 20	24	72,7	3	24,2
	39	20 × 20	24	72,7	3	24,2
	40	20 × 20	24	72,7	3	24,2
S.02	3	20 × 20	23	72,7	3	24,2
	4	20 × 20	23,7	72,7	3	24,2
	7	20 × 20	23	72,7	3	24,2
	8	20 × 20	23,7	72,7	3	24,2
S.03	14	20 × 20	23,5	72,7	3	24,2
	15	20 × 20	21,5	72,7	3	24,2
	24	20 × 20	22,5	72,7	3	24,2
	25	20 × 20	23	72,7	3	24,2

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa nilai rata-rata daya dukung izin tiang sebanyak 12 tiang pada 3 titik berdasarkan hasil uji alat HSPD yaitu sebesar 24,2 ton.

4.3. Hasil analisis kuat dukung pondasi minipile berdasarkan data sondir/CPT

Analisis perhitungan kuat dukung pondasi minipile berdasarkan data sondir/CPT menggunakan metode empiris yaitu Mayerhoff, Janbu, dan Vesic.

4.3.1. Metode Mayerhoff

Metode Mayerhoff adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi, termasuk ketika menggunakan data hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT) atau sondir. Pendekatan ini menghubungkan resistensi ujung kerucut (q_c) dengan daya dukung tiang. Berikut adalah formula utamanya:

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \quad (1)$$

Daya dukung ujung (*end bearing capacity*)

$$Q_b = A_b \times q_c \quad (2)$$

Daya dukung selimut (*skin friction capacity*)

$$Q_s = \sum (A_s \times f_s) \quad (3)$$

Dimana :

Q_{ult} = Daya dukung total ultimit tiang (ton)

Q_b = Daya dukung ujung tiang (ton)

Q_s = Daya dukung selimut tiang (ton)

A_b = Luas penampang ujung tiang (cm^2)

q_c = Nilai konus hasil uji sondir (kg/cm^2)

A_s = Luas permukaan selimut tiang tiap lapisan (cm^2)

f_s = resistensi gesekan tanah dengan tiang (kg/cm^2)
 $= \alpha \cdot q_c$ (dimana α adalah faktor reduksi gesekan)
 $= \text{untuk tanah pasir} \approx 0,8 \times q_c$
 $= \text{untuk tanah lempung} \approx 0,5 \times q_c$

4.3.2. Metode Janbu

Metode Janbu adalah salah satu pendekatan untuk menghitung daya dukung tiang pancang menggunakan data hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT) atau sondir. Sama halnya dengan metode Mayerhoff, untuk mencari daya dukung ultimit tiang merupakan akumulasi dari daya dukung ujung dan selimut tiang.

Daya dukung ujung (*end bearing capacity*)

$$Q_b = \eta \times A_b \times q_c \quad (4)$$

Daya dukung selimut (*skin friction capacity*)

$$Q_s = \sum (A_s \times f_s \times \alpha) \quad (5)$$

Dimana :

η = Faktor efisiensi ujung tiang (0,6 - 0,9)

α = Faktor reduksi gesekan (0,5 - 1,0)

Nilai η dan α tergantung jenis tanah dan kondisi permukaan tiang.

4.3.3. Metode Vesic

Metode Vesic merupakan salah satu metode atau cara yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan teori “*expansion of cavities*” atau berdasarkan parameter tegangan efektif [14]. Berikut

rumus untuk mencari nilai tahanan ujung tiang (*end bearing capacity*):

$$Q_b = A_b \times q_{c, \text{rerata}} \quad (6)$$

Daya dukung izin tiang (*Allowable bearing capacity*)

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{FS} \quad (7)$$

Dimana :

$q_{c, \text{rerata}}$ = Nilai rata-rata konus hasil uji sondir (kg/cm^2)
 biasanya 2D diatas ujung tiang dan 4D dibawah ujung tiang, D adalah diameter tiang

Q_{all} = Daya dukung izin tiang (ton)

FS = Faktor keamanan (biasanya antara 2-3)

Hasil perhitungan kuat dukung *minipile* berdasarkan data CPT menggunakan beberapa metode empiris tersaji pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Hasil perhitungan daya dukung *minipile*

Titik Sondir	Metode	Daya dukung ujung, Q_b (ton)	Daya dukung selimut, Q_s (ton)	Daya dukung ultimit, Q_{ult} (ton)	Daya dukung izin, Q_{all} (ton)
S.01	Mayerhoff	5,60	18,40	24,00	8,00
	Janbu	7,64	18,40	26,04	8,68
	Vesic	8,40	18,40	26,80	8,93
S.02	Mayerhoff	5,66	17,60	23,26	7,75
	Janbu	7,72	17,60	25,32	8,44
	Vesic	8,50	17,60	26,10	8,70
S.03	Mayerhoff	4,80	18,40	23,20	7,73
	Janbu	6,55	18,40	24,95	8,32
	Vesic	7,22	18,40	25,62	8,54

Diperoleh nilai rata-rata daya dukung ultimit tiang pada 3 titik menggunakan metode Mayerhoff, Janbu, dan Vesic yaitu sebesar 25 ton, dengan daya dukung izin sebesar 8,34 ton.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan dan pembahasan diatas, dapat disimpulkan hal berikut ini:

1. Hasil perhitungan kuat dukung pondasi *minipile* beberapa metode empiris, yaitu Mayerhoff, Janbu, dan Vesic tidak adanya perbedaan yang signifikan, dimana rata-rata nilai kuat dukung ultimit sebesar 25 ton untuk 3 titik.
2. Dari hasil uji alat HSPD diperoleh nilai kuat dukung izin yaitu sebesar 24,2 ton. Sedangkan hasil dari analisis perhitungan metode empiris diperoleh daya dukung izin rata-rata sebesar 8,34 ton.
3. Selisih perhitungan kuat dukung izin *minipile* menggunakan data CPT hampir 3 kali lipat lebih

kecil daripada hasil uji alat HSPD. Dapat dikatakan memenuhi perencanaan, karena pengujian HSPD lebih besar dari hasil perhitungan metode empiris yang dapat dianggap aman.

Saran praktis dari penelitian ini yaitu, agar penggunaan HSPD dijadikan sebagai metode validasi utama dalam proyek konstruksi skala menengah hingga besar, terutama di lingkungan padat penduduk yang sensitif terhadap getaran dan kebisingan. Dalam tahap awal perencanaan, metode empiris seperti Mayerhoff, Janbu, dan Vesic tetap penting digunakan untuk estimasi awal. Namun, untuk menjamin keandalan struktur pondasi, perlu dilakukan uji langsung seperti HSPD pada beberapa sampel tiang sebagai kontrol mutu (*quality control*) lapangan.

Sementara itu, rekomendasi untuk penelitian lanjutan dapat difokuskan pada perbandingan hasil HSPD dan metode empiris di berbagai jenis tanah, seperti tanah lempung lunak, lanau, atau pasir lepas, untuk mengembangkan faktor koreksi lokal dan pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap performa metode.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. Rahmad, “analisa kuat dukung dan penurunan pondasi tiang mini,” 2021.
- [2] M. Muthmainnah, “Analisis Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Dimensi,” *Skripsi Tek. Univ. Islam Indones.*, 2021.
- [3] P. Ningrum, Husnah, and D. A. Saputro, “Bearing Capacity Analysis of Pile Foundation in Reservoir Construction,” *JIM*, vol. 1, no. 2, pp. 33–42, Jul. 2023.
- [4] N. A. Vebrian, S. Yatnikasari, and ..., “Analisa Daya Dukung Minipile Pada Proyek Pembangunan Taxiway Bandara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda,” *Konf. Nas. Tek.*, January, 2022.
- [5] R. M. Putri, “Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Pile Driving Analyze (Pda) Test Dan Standard Penetration Test (Spt),” *Skripsi*, pp. 1–49, 2017.
- [6] B. T. Septianto, M. I. Yani, and F. Sarie, “Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Hasil N-SPT yang Terkoreksi dari Hasil PDA Test Pada Proyek Jembatan Bukit Rawi,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 2, 2023.
- [7] C. Ardiyanti, R. R. Hasrul, M. R. Rahman, M. J. Muddin, and M. A. K. Yusuf, “Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Metode Empiris (Standard Penetration Test) Mayerhof, Terzaghi, dan Vesic,” *Teknosains Media Inf. dan Teknol.*, vol. 17, no. 3, pp. 277–283, 2023.
- [8] D. C. Wicaksono, “8 Skripsi - Perbandingan kapasitas vertikal tiang dengan HSPD.pdf.”
- [9] B. M. Das and K. Sobhan, “Principles of Geotechnical Engineering,” *Cengage Learn.*, p. 819, 2018.
- [10] “Pelajari Daya Dukung Mini Pile _ Targa Raya Pondasi.” [Online]. Available: <https://www.targapile.com/daya-dukung-mini-pile>
- [11] A. Dwiretnani and I. A. Daulay, “Kinerja Alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) Pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi,” *J. Talent. Sipil*, vol. 2, no. 2, p. 67, 2019.
- [12] H. Husnah, “Analisa daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan pondasi tissue block 5 & 6,” *SIKLUS J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 15–25, 2015.
- [13] P. K. ROBERTSON and K. CABAL, *Guide to Cone Penetration Testing 7th Edition*, 7th ed. Gregg Drilling LLC Corporate Headquarters, 2022.
- [14] Jonizar, M. Arfan, and R. Ariyansah, “Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Kelompok Pada Pembangunan Jalan Tol Kapal Betung STA 36+619,” *J. Penelit.*, vol. 07, no. 01, pp. 50–59, 2021.