

Contents list available at journal.uib.ac.id**Journal of Civil Engineering and Planning**Journal homepage: <https://journal.uib.ac.id/index.php/jce>

Characteristics of Soil Layers Based on Cone Penetration Test (CPT) for a Planned Villa Development (Case Study: Cisarua, Bogor)

Karakteristik Lapisan Tanah Berdasarkan Pengujian Sondir pada rencana Pembangunan Villa (Studi Kasus: Cisarua, Bogor)

Evan Febri Miranda^{1*}, Respati Anton Sasongko¹, Mirnanda Cambodia¹, Dian Pratiwi¹¹Program Studi Teknik Sumberdaya Lahan dan Lingkungan, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri LampungEmail korespondensi: evanfebrimiranda@polinela.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<p>Kata kunci :</p> <p>Cisarua Bogor Cone Penetration Test Daya Dukung Pondasi Karakteristik Lapisan Tanah</p>	<p>Perencanaan pembangunan villa di kawasan perbukitan Cisarua, Bogor, memerlukan kajian geoteknik yang komprehensif untuk menjamin keamanan dan keandalan pondasi bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik lapisan tanah, menentukan konsistensi tanah, serta mengevaluasi daya dukung izin pondasi dangkal dan pondasi dalam berdasarkan hasil uji sondir (<i>Cone Penetration Test/CPT</i>) pada tiga titik penyelidikan. Data primer yang digunakan berupa nilai tahanan konus (qc) dan gaya geser total (Tf) pada interval kedalaman 20 cm, yang kemudian diinterpretasikan untuk memperoleh profil stratigrafi tanah, klasifikasi tanah, serta perhitungan daya dukung izin pondasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kedalaman dangkal dijumpai lapisan tanah lunak hingga teguh, sedangkan lapisan tanah keras dengan nilai qc sekitar 250 kg/cm² berada pada kedalaman 24–25 m yang layak dijadikan lapisan pendukung utama pondasi dalam. Daya dukung izin pondasi dangkal pada kedalaman 1,0–2,0 m berkisar sekitar 1,9–12,0 ton/m² sehingga hanya direkomendasikan untuk struktur ringan dengan pengendalian penurunan yang cermat, sedangkan untuk struktur berat disarankan penggunaan pondasi tiang yang menembus hingga lapisan tanah keras dengan verifikasi tambahan melalui uji beban statis dan, bila perlu, investigasi lanjutan berupa pengeboran dalam dan SPT.</p>
ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Keywords:</p> <p>Cisarua Bogor Cone Penetration Test Foundation Bearing Capacity Soil Layer Characteristics</p>	<p><i>The planning and construction of a villa in the hilly area of Cisarua, Bogor, requires a comprehensive geotechnical study to ensure the safety and reliability of the building foundations. This research aims to identify the characteristics of soil layers, determine soil consistency, and evaluate the allowable bearing capacity of shallow and deep foundations based on Cone Penetration Test (CPT) results at three investigation points. The primary data consist of cone resistance (qc) and total friction (Tf) values measured at 20 cm depth intervals, which are then interpreted to obtain the soil stratigraphic profile, soil classification, and bearing capacity calculations. The results show that at shallow depths, the soil layers range from soft to stiff, while a hard soil layer with a qc value of approximately 250 kg/cm² is found at a depth of 24–25 m, which is suitable as the main supporting layer for deep foundations. The allowable bearing capacity of shallow foundations at depths of 1.0–2.0 m ranges between approximately 1.9–12.0 tons/m², making them suitable only for light structures with careful settlement control. For heavier structures, pile foundations penetrating into the hard soil layer are recommended, with additional verification through static load tests and, if necessary, further subsurface investigation involving deep boring and Standard Penetration Tests (SPT).</i></p>

1. Pendahuluan

Perencanaan pembangunan villa di daerah Cisarua – Bogor merupakan salah satu upaya untuk mendukung perkembangan sektor pariwisata dan ekonomi di wilayah tersebut. Daerah ini memiliki potensi besar karena keindahan alamnya yang menarik wisatawan. Namun, untuk memastikan keberlanjutan pembangunan dan keamanan struktur bangunan, diperlukan kajian teknis yang mendalam, termasuk analisis geoteknik terhadap kondisi lapisan tanah di lokasi tersebut. Kondisi geografis di Cisarua – Bogor yang terletak di daerah perbukitan memiliki variasi karakteristik lapisan tanah yang cukup kompleks. Hal ini membuat proses perancangan pondasi menjadi tantangan yang memerlukan data akurat dan metode analisis yang handal. Pengujian sondir merupakan salah satu metode yang dapat memberikan informasi mendetail mengenai daya dukung tanah dan konsistensi lapisan tanah (Miranda, Pratiwi, Phelia, Cambodia, & Sari, 2025).

Data yang diperoleh dari pengujian sondir menjadi elemen penting dalam menentukan desain pondasi yang mampu mendistribusikan beban bangunan secara optimal (Miranda, Pratiwi, et al., 2025). Selain itu, analisis tanah yang akurat juga dapat mengurangi risiko kerusakan struktur akibat permasalahan geoteknik, seperti penurunan tanah atau kegagalan pondasi. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki peran penting dalam memberikan rekomendasi teknis yang dapat mendukung keberhasilan pembangunan villa di lokasi tersebut. Salah satu tahapan penting dalam analisis geoteknik adalah investigasi kondisi lapisan tanah yang menjadi dasar penentuan desain pondasi (Manik & Ginting, 2024). Pengujian sondir (*Cone Penetration Test*) merupakan metode praktis dan efektif untuk mendapatkan data mengenai karakteristik tanah seperti daya dukung dan konsistensi lapisan tanah. Dalam Asnur (2022), Penyelidikan tanah (*soil investigation*) merupakan langkah paling awal dalam suatu kegiatan proyek, yang berkaitan dengan perencanaan suatu bangunan bawah (struktur bawah). Perencanaan pembangunan villa di daerah Cisarua – Bogor memerlukan kajian geoteknik yang mendalam untuk menjamin kestabilan dan keamanan struktur bangunan. Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting dilakukan dalam upaya menganalisis dan memberikan rekomendasi terkait pondasi yang tepat digunakan untuk daerah perbukitan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Konsep Dasar Pengujian Sondir (CPT)

Pengujian sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) adalah metode investigasi geoteknik yang bertujuan untuk menentukan karakteristik lapisan tanah secara vertikal. Metode ini menggunakan alat sondir tipe *cone penetrometer* yang dilengkapi dengan konus berbentuk kerucut, memiliki sudut 60 derajat dan luas penampang konus sebesar 10 cm². Selama proses pengujian, konus ditekan secara perlahan ke dalam tanah dengan kecepatan konstan tidak lebih dari 2 cm/detik. Nilai tekanan konus (q_c) dan friksi selimut konus (f_r) dicatat pada interval tertentu untuk mendapatkan profil tanah. Hasil pengujian CPT disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara kedalaman tanah dengan nilai q_c , f_s , dan rasio gesekan (*friction ratio*, $fr = f_s/q_c$). Grafik ini memberikan profil tanah yang kontinu dan detail, memungkinkan identifikasi lapisan tanah, batas antar lapisan, serta variasi sifat tanah secara vertikal. Keunggulan utama CPT terletak pada kemampuannya memberikan data yang kontinu, cepat dan minim gangguan terhadap struktur tanah alami, karena tidak ada pengambilan sampel tanah fisik (Lunne, 1997)

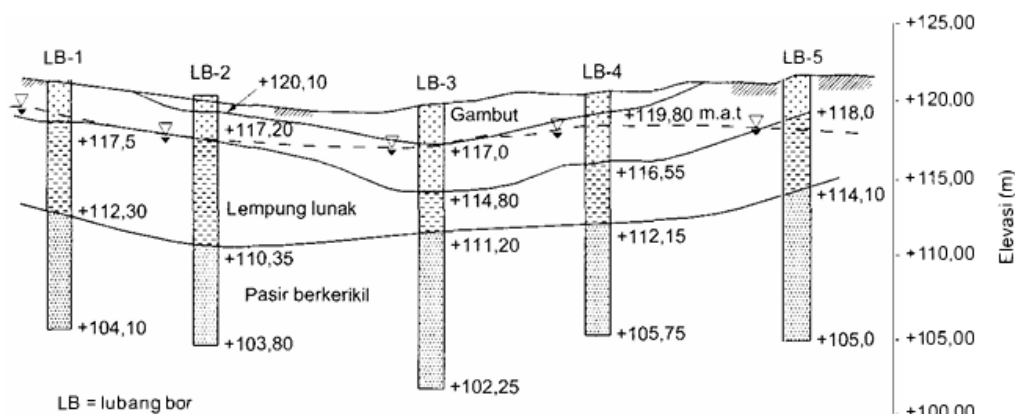
Data CPT sangat berharga untuk berbagai aplikasi geoteknik, termasuk klasifikasi tanah, estimasi parameter kekuatan tanah (seperti kuat geser nirkonsolidasi untuk tanah kohesif dan sudut geser internal untuk tanah non-kohesif), evaluasi potensi likuifaksi, serta desain pondasi dangkal maupun

dalam. Berbagai korelasi empiris telah dikembangkan untuk menginterpretasikan data CPT menjadi parameter desain yang relevan (Schmertmann, 1978).

2.2 Penyelidikan Tanah untuk Perancangan Pondasi

Penyelidikan tanah, atau yang sering disebut sebagai investigasi geoteknik, merupakan tahapan fundamental dan krusial dalam setiap proyek konstruksi. Tujuannya adalah untuk memperoleh informasi yang akurat dan komprehensif mengenai karakteristik fisik dan mekanik tanah serta kondisi geologi di lokasi proyek. Informasi ini sangat vital sebagai dasar dalam perancangan jenis dan dimensi pondasi yang aman, stabil, ekonomis dan sesuai dengan kondisi tanah setempat (Bowles, 1997). Laporan penyelidikan tanah yang lengkap dan akurat harus mencakup deskripsi lapisan tanah, kondisi air tanah, parameter geoteknik, dan rekomendasi pondasi (Miranda, Cambodia, & Phelia, 2025). Integrasi data dari berbagai metode penyelidikan, baik in-situ maupun laboratorium, sangat penting untuk mendapatkan keputusan yang tepat dan akurat mengenai kondisi tanah. Sebagai contoh, data *CPT* yang memberikan profil kontinu dapat dilengkapi dengan data *SPT* yang menghasilkan sampel tanah untuk identifikasi visual dan pengujian laboratorium, serta data pengeboran untuk deskripsi lapisan tanah yang lebih mendalam. Kombinasi data ini memungkinkan insinyur geoteknik untuk membuat keputusan desain pondasi yang lebih informatif dan andal (Mayne, 2007).

Laporan penyelidikan tanah dalam Hardiyatmo (2011) untuk perancangan pondasi dibuat dengan mempertimbangkan seluruh data bor, lubang uji, observasi lapangan, uji-uji lapangan dan laboratorium. Deskripsi lapisan tanah yang diperoleh dari hasil pengeboran. Pada hal ini, deskripsi kondisi lapisan tanah dibuat dari hasil data pengeboran. Di sini, harus dijelaskan mengenai gambaran jenis dan bentuk lapisan tanah, elevasi perubahan lapisan serta elevasi muka air tanah. Penggambaran bentuk lapisan akan berguna sebagai pertimbangan teknis dalam perancangan. Gambar 2.4 memberikan contoh cara penggambaran gabungan beberapa data bor.



Gambar 1. Gabungan Profil Tanah dari Beberapa Lubang Bor

2.3 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

Kemampuan tanah dalam menahan beban pondasi tanpa mengalami keruntuhan geser disebut daya dukung tanah. Tanah bila mengalami beban yang melebihi daya dukung batasnya, sehingga beban yang bekerja pada tanah pondasi telah melampaui daya dukung batasnya, tegangan geser yang ditimbulkan dalam tanah pondasi melampaui kekuatan geser tanah maka akan mengakibatkan keruntuhan geser tanah tersebut (Vianca & Sari, 2023). Penghitungan nilai daya dukung tanah

dilakukan dengan menggunakan rumus yang dirumuskan oleh Meyerhoff dalam (Mahmudi, 2023) sebagai berikut:

$$q_{all} = \frac{q_c \times A_p}{S_{f1}} + \frac{t_f \times A_s}{S_{f2}}$$

Keterangan:

- qall : Daya dukung ijin tekan tiang (ton/m²)
- q_c : Nilai konus di kedalaman telapak pondasi (ton/m²)
- t_f : Nilai total friction (kg/cm)
- A_p : Luas penampang tiang (m²)
- A_s : Keliling selimut tiang (m)
- S_{f1} : *Safety factor* tiang pancang 3 dan 5
- S_{f2} : *Safety factor* tiang bor 5 dan 7

2.4 Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal dapat digunakan untuk memikul beban rencana struktur ringan. Perhitungan besarnya daya dukung ijin tanah (q_a) dilakukan dengan menggunakan nilai q_c (tekanan konus) yang dihasilkan dari pengujian Sondir. Daya dukung ijin pondasi dangkal (Ahmad, 2021) pada penelitian ini dihitung menggunakan formula L. Herminier berikut:

$$q_u = \frac{q_c}{1.5} \quad q_a = \frac{q_u}{SF}$$

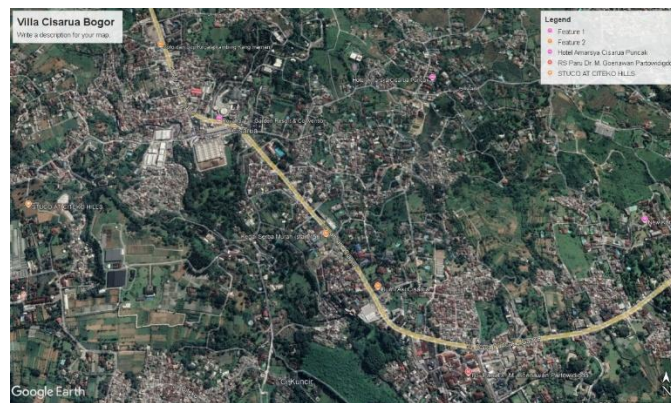
Keterangan:

- q_u : daya dukung ultimate tanah (ton/m²)
- q_a : Daya dukung ijin tanah (ton/m²)
- q_c : Nilai konus di kedalaman telapak pondasi (ton/m²)
- S_f : Faktor keamanan 3
- 1,5 : Faktor reduksi

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Survey lapangan dilakukan untuk menentukan titik lokasi sondir. Penelitian ini dilakukan di Cisarua, Bogor Jawa Barat. Waktu yang dipergunakan selama 3 (tiga) bulan, dimulai dari bulan Juli sampai dengan September 2025.



Gambar 2. Lokasi Titik Penyelidikan Tanah (5 Titik).

Sumber: Google Earth Pro (2025)

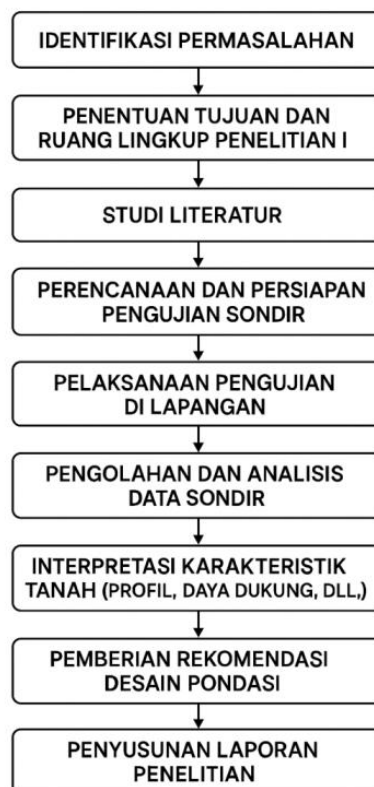
3.2. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer berupa hasil survey lokasi yang menghasilkan nilai uji sondir (Perlawanan konus (q_c) dalam kg/cm^2 dan Gaya geser total (T_f) dalam kg/cm) dengan hasil kedalaman tiap titik sebesar 20 cm serta hasil identifikasi jenis lapisan tanah berdasarkan nilai q_c dan T_f . Sedangkan data sekunder berupa titik lokasi penyelidikan tanah berdasarkan *google earth pro*.

3.3. Case Study

Metode penelitian termasuk penelitian deskriptif yang menggambarkan kondisi sebenarnya dari lapisan tanah berdasarkan data yang kamu peroleh di lapangan. Tujuannya bukan untuk menguji hipotesis, tapi menggambarkan atau memetakan fakta secara sistematis. Serta metode kuantitatif yang menggunakan angka atau data numerik yang berasal dari hasil pengujian sondir misalnya, nilai *cone resistance* (q_c), daya dukung tanah dan kedalaman tiap lapisan tanah. Data ini akan diolah untuk menghasilkan interpretasi yang objektif berdasarkan hasil pengujian sondir di lokasi rencana pembangunan villa.

Penelitian ini termasuk pada penelitian observasi dan *insitu*. Data primer didapat dengan melakukan penyelidikan tanah di Cisarua, Bogor menggunakan CPT (*Cone Penetration Test*)/uji Sondir mendapatkan data untuk sondir di lapangan. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap karakteristik lapisan tanah terhadap hasil pengujian sondir pada tiap titik yang telah ditentukan. Terakhir, dihitung daya dukung pondasi dengan metode Mayerhof dengan menggabungkan dua komponen utama berupa daya dukung ujung tiang (*end bearing*) dan daya dukung dari gesekan selimut tiang (*skin friction*). Adapun tahapan-tahapan penelitian dilakukan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Sketsa Titik Sondir

Berikut adalah beberapa sketsa titik sondir yang berhasil ditemukan. Gambar 4 ini menunjukkan penempatan titik sondir dalam suatu area uji tanah, biasanya digunakan dalam perencanaan pondasi bangunan. Titik sondir adalah lokasi di mana dilakukan uji sondir (*Cone Penetration Test/CPT*), yaitu pengujian tanah untuk mengetahui karakteristik lapisan tanah di bawah permukaan. Tes ini penting untuk menentukan jenis pondasi yang cocok untuk suatu bangunan. Adapun kriteria dalam pemilihan lokasi titik sondir didasarkan atas posisi bangunan utama, yaitu bagian samping depan, tengah dan belakang. Hal ini dikarenakan perlu dilakukan pengecekan kondisi tanah di sekitar bangunan.



Gambar 4. Sketsa Titik Sondir

4.2. Kondisi Lapisan Tanah

Pengujian sondir dilakukan pada 3 (tiga) Titik. Berdasarkan hasil pengujian CPT / sondir yang diplot dalam grafik hubungan antara q_c (tahanan konus) dan fr (*friction ratio*) terhadap kedalaman pengujian, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian CPT / sondir.

Titik Sondir	Kedalaman Pengujian Sondir	Nilai Tahanan Konus (q_c)
S-1	24,40 m	250 kg/cm ²
S-2	24,00 m	250 kg/cm ²
S-3	25,00 m	250 kg/cm ²

Dari hasil prngujian Sondir yang dilakukan di 3 (Tiga) titik, disimpulkan bahwa untuk Titik Sondir S-1, S-2 dan S-3 masing-masing sebesar 24,4 m, 24 m dan 25 m dengan Nilai Tahanan Konus seragam sebesar 250 kg/cm².

4.3. Klasifikasi Tanah terhadap Nilai q_c dan fr

Aplikasi paling penting dari data *Cone Penetration Test* (CPT) adalah klasifikasi tanah secara in-situ. Klasifikasi ini umumnya didasarkan pada hubungan antara tahanan konus (q_c) dan rasio gesekan (fr), dimana fr didefinisikan sebagai perbandingan antara gesekan selimut (fs) dan tahanan konus (q_c), seringkali dinyatakan dalam persentase ($fr = fs / q_c \times 100\%$). Diagram klasifikasi tanah yang paling banyak digunakan adalah yang dikembangkan oleh Robertson dan Campanella (1983), yang membagi

tanah ke dalam zona-zona berdasarkan kombinasi nilai q_c dan f_r : Setiap zona merepresentasikan jenis tanah tertentu (misalnya, lempung, lanau, pasir, atau kombinasi) serta konsistensi atau kepadatan relatifnya (misalnya, lempung lunak, pasir padat).

Dengan memplotkan data q_c dan f_r pada diagram ini, sehingga dapat dengan cepat mengidentifikasi profil lapisan tanah dan memprediksi perilaku geotekniknya, yang sangat krusial untuk perancangan pondasi dan analisis stabilitas.

Tabel 2. Klasifikasi tanah terhadap nilai q_c dan f_r :

q_c (kg/cm ²)	Konsistensi
< 5	Sangat Lunak (<i>Very Soft</i>)
5 - 10	Lunak (<i>Soft</i>)
10 - 35	Teguh (<i>Firm</i>)
35 - 60	Kaku (<i>Stiff</i>)
60 - 120	Sangat Kaku (<i>Very Stiff</i>)
> 120	Keras (<i>Hard</i>)

Berdasarkan kedalaman titik sondir S-1, S-2 dan S-3, maka tanah di lokasi pembangunan villa masuk ke dalam klasifikasi tanah dengan jenis Tanah Keras (*Hard*) dengan nilai 250 kg/cm².

4.4. Konsistensi Tanah berdasarkan Hasil Sondir

Konsistensi tanah, khususnya untuk tanah kohesif seperti lempung, dapat ditentukan secara efektif melalui interpretasi data pengujian sondir (SPT). Untuk tanah non-kohesif seperti pasir, nilai q_c dapat digunakan untuk menentukan kepadatan relatif, mulai dari sangat lepas hingga sangat padat. Informasi konsistensi ini sangat penting dalam perancangan pondasi karena secara langsung mempengaruhi daya dukung tanah, karakteristik penurunan, dan metode konstruksi yang akan digunakan. Selain itu, konsistensi tanah juga memberikan indikasi awal mengenai kemudahan penggalian, stabilitas lereng, dan potensi masalah geoteknik lainnya yang mungkin dihadapi selama pelaksanaan konstruksi. Berdasarkan hasil pengujian Sondir, Nilai q_c sebesar 250 kg/cm² yang artinya tanah masuk ke dalam klasifikasi jenis Pasir padat.

Tabel 3. Konsistensi Tanah Berdasarkan Hasil Sondir

Hasil Sondir (kg/cm ²)		Klasifikasi
q_c (kg/cm ²)	f_r	
0 - 6	0.15 - 0.4	Humus, Lempung sangat lunak
6 - 10	0.2	Pasir kelanauan lepas, Pasir sangat lepas
	0.2 - 0.6	Lempung lembek, Lempung kelanauan lembek
	0.1	Krikil lepas
10 - 30	0.1 - 0.4	Pasir lepas
	0.4 - 0.8	Lempung atau Lempung kelanauan
	0.8 - 2.0	Lempung agak kenyal
	1.5	Krikil kepasiran lepas
30 - 60	1.0 - 3.0	Pasir padat, pasir kelanauan, krikil kelempungan
	3.0	Lempung berkrikil
150 - 300	1.0 - 2.0	Pasir padat, pasir krikil padat, pasir kasar padat, pasir kelanauan sangat padat

4.5. Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal (Struktur Ringan)

Pondasi dangkal dapat digunakan untuk memikul beban rencana struktur ringan. Perhitungan besarnya daya dukung ijin tanah (q_a) dilakukan dengan menggunakan nilai q_c (tekanan konus) yang dihasilkan dari pengujian Sondir. Daya dukung ijin pondasi dangkal dihitung menggunakan formula L. Herminier:

$$q_u = \frac{q_c}{1.5} \qquad q_a = \frac{q_u}{SF}$$

Disarankan untuk keperluan dari stabilitasnya, maka pondasi dangkal sebaiknya diletakkan pada kedalaman minimal 1.5 – 2.0 meter dari permukaan tanah setempat, penggunaan jenis pondasi dangkal harus dipertimbangkan efek settlement secara seksama. Pergunakan pondasi dangkal berbentuk segi empat (*shallow foundation*), Tipe pondasi telapak (*spread footing*). Daya dukung ijin pondasi dangkal pada beberapa kedalaman berdasarkan nilai q_c adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Daya Dukung Ijin Pondasi Dangkal pada Beberapa Kedalaman.

Kedalaman Pondasi Dangkal	S-1 (ton/m ²) B = 1 m		S-2 (ton/m ²) B = 1 m		S-3 (ton/m ²) B = 1 m	
	q_a	q_a	q_a	q_a	q_a	q_a
1.0 m	9.3	3.1	8.4	2.8	8.4	2.8
1.5 m	5.8	1.9	23.1	7.7	10.7	3.6
2.0 m	7.6	2.5	11.1	3.7	36.0	12.0

4.6. Daya Dukung Ijin pondasi Dalam (Struktur Berat)

Pondasi dalam digunakan jika pondasi dangkal tidak mampu memikul beban struktur yang telah direncanakan. Pemilihan jenis pondasi dalam yang digunakan tergantung dari faktor lingkungan di sekitar lokasi proyek, kondisi tanah, dan faktor ekonomis. Berikut ini ditampilkan hasil daya dukun ijin pondasi pada kedalaman 25.00 m.

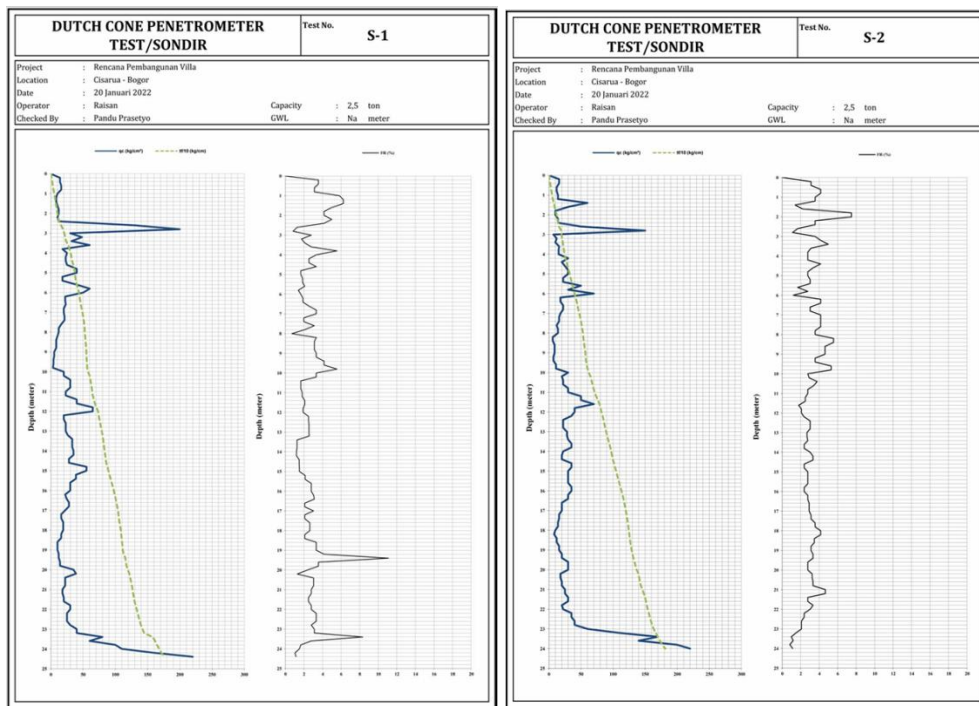
Tabel 5. Daya dukung ijin pondasi dalam hingga kedalaman 25.00 m

Kedalaman (m)	Tiang Bor Diameter 30 cm			Tiang Bor Diameter 40 cm			Tiang Bor Diameter 50 cm			Tiang Bor Diameter 60 cm		
	qa Point	qa Friction	qall	qa Point	qa Friction	qall	qa Point	qa Friction	qall	qa Point	qa Friction	qall
1	1,5	0,3	1,9	2,7	0,5	3,2	4,2	0,6	4,8	6,1	0,7	6,8
2	5,6	1,1	6,7	10,0	1,6	11,6	15,6	2,0	17,6	22,4	2,4	24,8
3	2,1	1,8	3,9	3,7	2,7	6,4	5,7	3,4	9,2	8,3	4,1	12,4
4	2,1	2,5	4,6	3,7	3,7	7,5	5,8	4,7	10,5	8,4	5,6	14,0
5	4,4	3,3	7,7	7,8	4,9	12,7	12,2	6,1	18,3	17,5	7,3	24,9
6	2,0	4,0	5,9	3,5	5,9	9,4	5,4	7,4	12,8	7,8	8,9	16,7
7	1,6	4,5	6,0	2,8	6,7	9,4	4,3	8,4	12,7	6,2	10,1	16,3
8	2,7	5,3	7,9	4,7	7,9	12,6	7,4	9,9	17,2	10,6	11,8	22,4
9	1,6	6,1	7,7	2,9	9,1	12,0	4,6	11,4	15,9	6,6	13,6	20,2
10	1,2	6,6	7,8	2,1	9,8	11,9	3,3	12,3	15,6	4,8	14,8	19,5
11	2,2	7,3	9,5	4,0	10,8	14,8	6,2	13,6	19,8	8,9	16,3	25,2
12	4,7	8,1	12,7	8,3	12,0	20,3	13,0	15,1	28,0	18,7	18,0	36,7
13	3,9	9,0	12,9	6,9	13,5	20,4	10,8	16,9	27,7	15,5	20,3	35,7
14	4,2	9,9	14,1	7,4	14,8	22,2	11,6	18,6	30,2	16,7	22,2	39,0
15	3,5	10,9	14,4	6,3	16,2	22,5	9,8	20,3	30,2	14,1	24,4	38,5
16	4,0	11,8	15,8	7,1	17,6	24,7	11,1	22,1	33,2	15,9	26,5	42,4
17	2,0	12,4	14,4	3,6	18,4	22,0	5,6	23,1	28,7	8,0	27,7	35,7
18	2,2	13,0	15,2	3,9	19,3	23,2	6,1	24,3	30,4	8,8	29,1	37,9
19	4,1	13,8	17,9	7,2	20,5	27,8	11,3	25,8	37,1	16,3	30,9	47,1
20	3,8	14,7	18,5	6,8	21,9	28,7	10,7	27,5	38,2	15,4	32,9	48,3
21	4,3	15,8	20,0	7,6	23,4	31,0	11,9	29,4	41,3	17,1	35,3	52,3
22	5,2	16,8	22,0	9,3	25,0	34,3	14,5	31,4	45,9	20,9	37,6	58,5
23	5,9	17,8	23,7	10,6	26,5	37,0	16,5	33,2	49,7	23,8	39,8	63,5
24	7,6	18,9	26,5	13,6	28,1	41,7	21,2	35,3	56,5	30,5	42,3	72,8
25	21,8	20,7	42,5	38,7	30,8	69,5	60,5	38,7	99,2	87,1	46,4	133,5

4.7. Grafik Hasil Pengujian Sondir

Pengujian penetrasi konus (Sondir/SPT) merupakan salah satu metode investigasi geoteknik *in-situ* yang esensial untuk menentukan profil stratigrafi dan parameter kekuatan tanah. Data yang dihasilkan dari uji sondir disajikan dalam bentuk grafik yang merepresentasikan hubungan antara kedalaman penetrasi dan parameter perlawanan tanah. Analisis mendalam terhadap grafik ini menjadi landasan fundamental dalam perancangan substruktur, khususnya dalam penentuan kapasitas daya dukung dan pemilihan jenis pondasi yang paling efektif dan efisien untuk kondisi tanah di lokasi studi.

Hasil interpretasi ini menjadi input kritis untuk analisis rekayasa selanjutnya, memastikan bahwa desain pondasi yang diusulkan memiliki faktor keamanan yang memadai dan mampu mengakomodasi beban struktur secara efektif.



Gambar 5. Grafik hasil uji sondir (S1) dan (S2)

Percobaan ini menggunakan alat sondir tipe *Dutch Cone Penetrometer* yang dilengkapi dengan bikonus, dan dipasang diujung pipa sondir. Selama percobaan sondir, alat dipertahankan vertikal dengan memasang angkur dikaki sondir. Konus kemudian ditekan masuk ke dalam tanah dengan kecepatan konstan tidak lebih dari 2 cm/dtk. Konus mempunyai sudut 60 derajat dan luas conenya 10 cm². Pembacaan tekanan konus dilakukan dengan interval 20 cm yaitu pembacaan tekanan konus dan tekanan total + friksi dari selimut konus.

Percobaan ini dihentikan jika tahanan konus telah mencapai 250 kg/cm² atau mencapai kedalaman 25.0 meter. Hasil percobaan dipresentasikan dalam grafik hubungan antara kedalaman terhadap tahanan konus, tahanan total, dan *friction ratio*. Berdasarkan hasil grafik yang ada, dapat disimpulkan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan antara hasil Titik Sondir (S1) dengan Titik Sondir (S2), hal ini dikarenakan jarak Titik Sondir yang berdekatan sehingga jenis tanah relative sama.

5. Kesimpulan dan Saran

Profil stratigrafi di lokasi menunjukkan lapisan tanah permukaan didominasi tanah lunak hingga teguh pada kedalaman dangkal 1–2 m dengan nilai q_c relatif rendah sehingga memerlukan pengendalian penurunan ketat, sementara lapisan tanah keras dengan q_c sebesar 250 kg/cm^2 secara konsisten teridentifikasi pada kedalaman $\pm 24\text{--}25 \text{ m}$ di titik S-1, S-2, dan S-3 yang layak sebagai pendukung utama pondasi dalam; daya dukung izin pondasi dangkal hanya 1,9–12,0 ton/m sehingga cocok untuk struktur ringan saja, sedangkan pondasi dalam yang menembus lapisan keras lebih andal untuk beban berat berkat kontribusi *end bearing* dan *skin friction* dari data CPT yang homogen.

Perdalam analisis stratigrafi dengan deskripsi rinci lapisan (rentang kedalaman, kisaran q_c , perilaku geoteknik seperti kompresibilitas), buat eksplisit alur CPT ke desain pondasi via contoh interpretasi grafik q_c - f_r (kedalaman ujung tiang, kapasitas dukung), tegaskan batas pondasi dangkal kuantitatif terhadap beban villa tipikal serta berikan contoh dimensi tiang pondasi dalam, dan lakukan verifikasi lapangan melalui pengeboran dalam+SPT, *plate bearing test* (1–2 m), serta *static loading test* tiang uji untuk validasi model bawah permukaan dan rekomendasi desain yang kuat.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih terhadap Tim peneliti dan pihak yang terlibat di dalam penyempurnaan penelitian ini.

Daftar Rujukan

- Ahmad, H. H. (2021). Analisis daya dukung tanah pada pondasi dangkal dengan metode L. Herminier dan Meyerhof. *Jurnal Penelitian Ipteks*.
- Asnur, H., & Fardela, R. (2022). Soil investigation berdasarkan uji sondir di Kecamatan Harau Kabupaten Lima Puluh Kota. *Rang Teknik Journal*.
- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan desain pondasi* (Edisi ke-2). Erlangga.
- Das, B. M. (2007). *Principles of geotechnical engineering* (6th ed.). Thomson Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *Analisis dan perancangan fondasi I* (Edisi ke-2). Gadjah Mada University Press.
- Lunne, T., Robertson, P. K., & Powell, J. J. M. (1997). *Cone penetration testing in geotechnical practice*. Blackie Academic & Professional.
- Mahmudi, A. (2023). Analisis hasil pengujian sondir untuk mengetahui kapasitas dukung dan penurunan pondasi tiang pancang dan bore pile terhadap variasi dimensi di lokasi Ubhara Surabaya. *Jurnal Inter Tech*.
- Manik, E. A., & Ginting, J. M. (2024). Field Soil Investigation Analysis Using Drilling Methods for Planning the Construction of IKN Access Roads Analisis Penyelidikan Tanah Lapangan dengan Menggunakan Metode Pengeboran Sebagai Perencanaan Pembangunan Konstruksi Jalan Akses IKN. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 4(June), 1–15. <https://doi.org/10.37253/jcep.v5i1.9070>
- Mayne, P. W. (2007). *Cone penetration testing: A synthesis of highway practice* (NCHRP Synthesis 368). Transportation Research Board.

- Miranda, E. F., Cambodia, M., & Phelia, A. (2025). STRATEGI PENERAPAN PEKERJAAN BORE PILE PADA BANGUNAN BERTINGKAT. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, 06(02), 105–117.
- Miranda, E. F., Pratiwi, D., Phelia, A., Cambodia, M., & Sari, D. M. (2025). *Tahapan Pengerjaan Teknik Fondasi* (Cetakan Pe). Bandar Lampung: PT. SNN Media Tech Press.
- Robertson, P. K., & Campanella, R. G. (1983). Interpretation of cone penetration tests. Part I: Sand. *Canadian Geotechnical Journal*, 20(4), 718-733.
- Schmertmann, J. H. (1978). *Guidelines for cone penetration test performance and design* (FHWA-TS-78-209). Federal Highway Administration.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil mechanics in engineering practice* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Vianca, I., & Sari, Y. A. (2023). Perencanaan Pondasi Tiang Bor Untuk Apartemen Low-Rise 7 Lantai Pada Tanah Lempung Berlanau di Daerah Cakung Jakarta Timur Bored Pile Foundation Planning for 7 Level Story Low-Rise Apartment in Silty Clay Soil in Cakung Area East Jakarta. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 4. <https://doi.org/10.37253/jcep.v4i2.9068>