

## Analisis Karakteristik Tanah terhadap Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Hasil Uji Sondir (CPT) pada Lokasi Pembangunan Masjid

*Analysis of Soil Properties for Foundation Bearing Capacity at Mosque Construction Sites Using Sondir Test (CPT) Results*

Sy.Sarah Alwiah<sup>1,\*</sup>, Vella Anggreana<sup>2</sup>, Elizar<sup>3</sup>, Muhammad Deru Pratama<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Program Stud Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

\* Penulis korespondensi : sarahalwiyah@eng.uir.ac.id

Tel.: +62-852-27533199

Diterima: Okt 31, 2025; Direvisi: Nov 10, 2025; Disetujui: Nov 13, 2025.

DOI: 10.25299/saintis.2025.vol25(02).25346

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung tanah pada lokasi pembangunan masjid di Dusun I Pasir Rambah, Kecamatan Rokan IV Koto, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau, dengan menggunakan metode *Cone Penetration Test* (CPT) atau uji sondir. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik lapisan tanah serta menentukan jenis pondasi yang tepat dan aman digunakan. Lokasi pembangunan masjid ini berada tidak jauh dari aliran sungai, sehingga diperkirakan memiliki muka air tanah yang cukup tinggi dan kondisi tanah jenuh air di lapisan atas. Berdasarkan pengamatan awal di lapangan, lapisan tanah bagian atas berupa lempung dengan kadar air tinggi, yang berpotensi menurunkan kestabilan pondasi apabila tidak dianalisis terlebih dahulu. Data diperoleh melalui pengukuran nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ) pada dua titik pengujian hingga kedalaman 10 meter. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada titik 1, nilai daya dukung tanah maksimum tercapai pada kedalaman sekitar 2,6–2,8 meter dengan kapasitas izin ( $Q_a$ ) sebesar 2,08 ton/pile untuk penampang tiang 20×20 cm dan 3,25 ton/pile untuk penampang tiang 25×25 cm. Sementara pada titik 2, daya dukung tanah meningkat hingga kedalaman 4,0 meter dengan nilai  $Q_a$  maksimum sebesar 8,75 ton/pile (20×20 cm) dan 7,5 ton/pile (25×25 cm). Berdasarkan hasil tersebut, pondasi tiang pancang pendek direkomendasikan pada titik 1, sedangkan pondasi tiang dalam atau *bored pile* direkomendasikan pada titik 2 karena memiliki lapisan tanah keras dengan daya dukung lebih tinggi. Penelitian ini memberikan dasar teknis bagi perencanaan pondasi yang efisien dan aman untuk pembangunan masjid di wilayah tersebut.

**Kata Kunci:** uji sondir, daya dukung tanah, pondasi, CPT, masjid

### Abstract

*This study aims to analyze the soil bearing capacity at the mosque construction site located in Dusun I Pasir Rambah, Rokan IV Koto District, Rokan Hulu Regency, Riau Province, using the Cone Penetration Test (CPT) or sondir test method. The testing was carried out to identify subsurface soil characteristics and determine the most suitable and safe type of foundation. Data were obtained from the measurement of cone resistance ( $q_c$ ) and sleeve friction ( $f_s$ ) at two test points up to a depth of 10 meters. The results indicate that at point 1, the maximum soil bearing capacity occurs at a depth of about 2.6–2.8 meters with an allowable bearing capacity ( $Q_a$ ) of 2.08 ton/pile for a 20×20 cm pile section and 3.25 ton/pile for a 25×25 cm pile section. Meanwhile, at point 2, the soil bearing capacity increases up to a depth of 4.0 meters, reaching a maximum  $Q_a$  value of 8.75 ton/pile (20×20 cm) and 7.5 ton/pile (25×25 cm). Based on these findings, short pile foundations are recommended at point 1, while deep pile or bored pile foundations are suggested at point 2 due to the presence of dense soil layers with higher bearing capacity. This study provides a technical basis for designing efficient and safe foundations for mosque construction in the study area.*

**Keywords:** CPT, soil bearing capacity, sondir test, foundation, mosque

## PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi, pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik tanah sangat penting untuk menentukan desain struktural yang aman dan efisien. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menganalisis karakteristik tanah adalah uji sondir tanah, yang dapat memberikan data objektif tentang kondisi tanah di lokasi pembangunan. Uji sondir tanah merupakan metode yang dilakukan dengan cara menusukkan alat sondir

ke dalam tanah pada kedalaman tertentu untuk mengukur daya dukung tanah dan mengidentifikasi jenis lapisan tanah yang ada. Data yang diperoleh dari uji sondir tanah sangat penting untuk menentukan jenis pondasi yang tepat, yang akan mendukung stabilitas dan keamanan struktur bangunan. Hal ini sangat relevan dalam proyek-proyek besar seperti pembangunan masjid, gedung perkantoran, dan berbagai fasilitas lainnya. Menurut uji sondir tanah

telah terbukti efektif dalam menentukan kapasitas daya dukung tanah dan jenis pondasi yang tepat untuk bangunan bertingkat tinggi [1] menekankan bahwa dengan melakukan uji sondir yang tepat, perencanaan pondasi dapat dilakukan dengan lebih akurat, menghindari potensi kerusakan struktural yang disebabkan oleh tanah yang tidak dapat mendukung beban yang terlalu besar[2].

Pondasi memiliki peranan yang sangat krusial karena merupakan struktur pertama yang harus dibangun sebelum elemen struktural lainnya, yang akan menyalurkan beban-beban bangunan ke tanah dasar[3][4]. Ketahanan suatu bangunan sangat dipengaruhi oleh kekuatan tanah yang mendukung struktur di atasnya. Bukan hanya struktur bangunan, tanah juga bekerja sebagai penopang dasar dari pembangunan konstruksi jalan, bendungan air, dan sejumlah infrastruktur lainnya. Sifat dan kondisi tanah di lapangan perlu diberi perhatian penuh, karena terdapat beberapa jenis tanah yang tidak layak digunakan sebagai tanah dasar konstruksi bangunan seperti tanah lempung lunak[5][6].

Tujuan utama dari uji sondir tanah adalah untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai kondisi tanah yang dapat mempengaruhi perencanaan pondasi bangunan. Dalam banyak kasus, pengujian ini digunakan untuk menentukan kedalaman dan jenis lapisan tanah, serta kemampuan tanah untuk mendukung beban struktural yang diberikan oleh bangunan yang akan dibangun. Hasil dari uji sondir tanah memberikan informasi tentang lapisan-lapisan tanah yang ada, mulai dari lapisan tanah lunak hingga lapisan batuan keras, serta nilai daya dukung tanah atau *bearing capacity* yang dapat digunakan untuk merancang pondasi yang sesuai. Sebagai contoh, dalam pembangunan masjid atau gedung bertingkat tinggi, karakteristik tanah yang diperoleh melalui uji sondir sangat menentukan jenis pondasi yang akan digunakan. Pondasi dangkal, seperti pondasi telapak, sering digunakan pada tanah yang memiliki daya dukung cukup tinggi, sementara pondasi dalam, seperti tiang pancang, diperlukan untuk tanah yang memiliki daya dukung rendah atau tanah yang cenderung labil [7][8] menunjukkan pentingnya perbandingan antara pondasi dangkal dan dalam berdasarkan hasil uji sondir tanah, yang memungkinkan desain pondasi yang lebih tepat dan efisien untuk setiap proyek konstruksi. Lebih lanjut, [9] juga mengungkapkan bahwa dalam konstruksi masjid, uji sondir memainkan peran penting dalam menentukan kedalaman lapisan tanah yang akan

digunakan untuk memilih jenis pondasi yang lebih stabil.

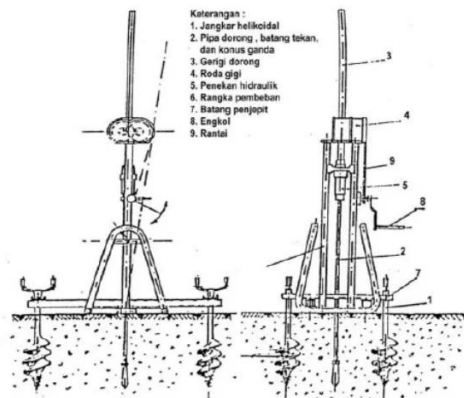
Meskipun uji sondir tanah telah digunakan secara luas, beberapa penelitian menunjukkan adanya gap dalam pengintegrasian data hasil uji sondir dengan model perhitungan struktural yang lebih rinci. Penelitian yang dilakukan S. Bahri et.al [10] mengenai penerapan uji sondir dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi di Jakarta, mengungkapkan bahwa meskipun data dari uji sondir tanah sangat penting, pengintegrasian dengan analisis mekanika tanah yang lebih mendalam masih terbatas. Hal ini menyebabkan ketidaksesuaian dalam pemilihan jenis pondasi yang optimal [11] juga mengidentifikasi bahwa meskipun uji sondir dapat memberikan informasi yang cukup mengenai lapisan tanah, sering kali masih ada kurangnya keterhubungan antara hasil uji sondir dan desain struktur yang kompleks.

Pembangunan masjid sebagai salah satu bangunan penting memerlukan perencanaan yang matang, terutama terkait dengan daya dukung tanah yang dapat mempengaruhi kestabilan struktur bangunan. Penyelidikan tanah (*soil investigation*) merupakan langkah paling awal dalam suatu kegiatan proyek, yang berkaitan dengan perencanaan suatu bangunan bawah (struktur bawah)[10]. Uji sondir atau uji penetrasi kerucut statis merupakan suatu pengujian yang dapat digunakan untuk menghitung kapasitas dukung tanah [12]. Kegiatan ini diharapkan memberikan informasi tentang kondisi tanah, jenis tanah, muka air tanah, lapisan struktur tanah dan sifat-sifat tanah untuk perencanaan pondasi. Salah satu metode yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah adalah Uji Penetrasi Konus (CPT), yang dikenal akurat dan efektif dalam menentukan karakteristik tanah [13][14]. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis daya dukung tanah pada lokasi pembangunan masjid di Dusun I Pasir Rambah dan memberikan rekomendasi mengenai desain fondasi yang tepat untuk mendukung struktur masjid.

### **Uji Sondir**

Uji Sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) sangat bermanfaat sebagai alat penyelidikan tanah karena memberikan informasi penting untuk memastikan keamanan desain fondasi pada berbagai lapisan tanah serta dari segi ekonomis. Data hasil sondir digunakan untuk memperkirakan jenis tanah berdasarkan kedalaman dari hasil pengujiannya. Uji sondir merupakan metode untuk menyelidiki kekuatan tanah dan menentukan jenis fondasi yang tepat [15][16]. *Cone Penetration Test* (CPT), yang lebih

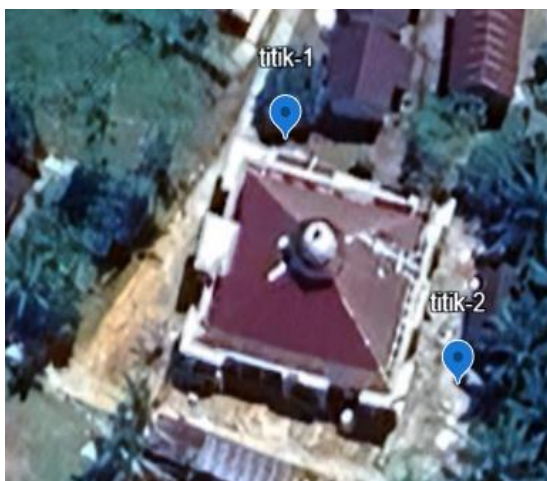
dikenal dengan sebutan uji sondir, adalah salah satu metode survei lapangan yang digunakan untuk memperkirakan posisi lapisan tanah keras. Dari uji ini, diperoleh nilai perlawanan penetrasi konus, yang mengukur hambatan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam satuan gaya per luas. Sementara itu, hambatan lekat mengukur perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus, yang dinyatakan dalam gaya per satuan panjang[17]



Gambar 1. Alat Uji Sondir dilapangan

## METODOLOGI

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian observasi, dimana data primer diperoleh melalui kegiatan penyelidikan tanah yang dilakukan di desa Pasir Rambah Rokan Timur Rokan IV Koto Rokan Hulu provinsi Riau dengan menggunakan metode CPT (*Cone Penetration Test*) atau uji sondir. Melalui pengujian ini, diperoleh informasi mengenai kondisi lapisan tanah bawah permukaan.



Gambar 2. Lokasi titik Sondir

Lokasi penelitian ini terletak di Dusun I Pasir Rambah, Kecamatan Rokan IV Koto, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau, pada koordinat 0.572955° Lintang Utara dan 100.446328° Bujur Timur. Secara geografis, wilayah ini berada di

dataran rendah dengan kontur relatif datar dan berjarak sekitar beberapa ratus meter dari aliran sungai utama di daerah tersebut. Kondisi ini menyebabkan tingkat kejenuhan tanah cukup tinggi pada lapisan atas, sehingga diperlukan analisis geoteknik yang teliti untuk menentukan jenis pondasi yang sesuai bagi pembangunan masjid di lokasi tersebut.

Evaluasi kondisi lapisan tanah di lokasi berdasarkan data hasil pengujian sondir sesuai dengan SNI 2827:2008 dengan mempelajari grafik gabungan nilai  $q_c$  dan kedalamannya didapatkan adanya beberapa kondisi dan jenis lapisan-lapisan tanah. Dalam analisis ini lapisan tanah dibagi menjadi beberapa lapisan dimana masing-masing lapisan memiliki batasan nilai ( $q_c$ ) tertentu. Dalam analisis ini evaluasi karakteristik lapisan tanah berdasarkan pada hasil pengujian sondir. Berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat diperkirakan karakteristik lapisan tanah yang ada dilokasi pengujian. Lapisan tanah tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan nilai dari perlawanan konus  $q_c$ .

Analisis data dilakukan Untuk dapat mengetahui nilai koefisien tanah yang ada di desa Pasir Rambah Rokan Timur Rokan IV Koto Rokan Hulu provinsi Riau maka dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Pengujian tanah dilakukan pada titik-titik yang telah ditentukan menggunakan alat sondir dengan tujuan memperoleh data berupa nilai perlawanan konus ( $C_w$ ) serta nilai gabungan antara perlawanan konus dan geser ( $T_w$ ) yang diperoleh dari hasil pembacaan manometer pada alat.
2. Nilai  $C_w$  dan  $T_w$  yang diperoleh dari setiap titik kemudian dianalisis untuk mengetahui karakteristik tanah pada lokasi pengujian.
3. Analisis data hasil uji sondir dilakukan dengan dua metode, yaitu metode grafis dan metode analitis. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan uji sondir meliputi:
  - a) Tingkat ketelitian alat ukur harus memiliki koreksi sekitar 5%.
  - b) Deviasi standar pada alat penetrasi mekanik ditetapkan sebesar 10%
  - c) Untuk perlawanan geser ( $f_s$ ) adalah 20 %.
4. Alat ukur harus dapat mengukur perlawanan penetrasi di permukaan dengan dilengkapi alat yang sesuai, seperti mesin pembeban hidraulik.
5. Alat perlengkapan mesin pembeban harus mempunyai kekakuan yang memadai, dan diletakkan di atas dudukan yang kokoh serta tidak berubah arah pada waktu pengujian

6. Pada alat sondir ringan (< 200 kg) biasanya tidak dapat tembus untuk 2 m s.d 3 m sehingga datanya tidak bermanfaat
7. Pada alat sondir berat (> 200 kg) digunakan sistem angker; namun di daerah tanah lunak tidak dapat digunakan kecuali dengan pemberian beban menggunakan karung-karung pasir untuk pengukuran perlawanan konus (qc).

Dengan menggunakan Persamaan:

$$Qp = Ap \times qp \tag{1}$$

$$qp = c \times Nc' + q \times Nq' \tag{2}$$

Dimana:

$Qp$  = Kapasitas dukung ujung tiang ( ton ).

$Ap$  = Luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>).

$qp$  = Kapasitas dukung batas / unit tahanan ujung.

$\phi$  = Sudut gesek dalam tanah.

$Nq'$  = Faktor kapasitas dukung

$$qu = (0.25 qc0 + 0.25qc1 + 0.5 qc2) Ab \tag{3}$$

$$qu = (qp) + (qs) \tag{4}$$

$$qp = (ap) \times (Cr_r) \tag{5}$$

$$qs = (Tsf) \times (Ak) \tag{6}$$

$$qu = (Ap \cdot Cr_r) + (Tsf \cdot Ak) \tag{7}$$

$$qall = \left( \frac{qp}{sf1} \right) + \left( \frac{qs}{sf2} \right) \tag{8}$$

Dimana:

$qc0$  = Nilairata-rata

$qc1$  = Nilai qc terendah dengan panjang yang sama.

$Ab$  = Luas permukaan tiang (m<sup>2</sup>)

$qc 2$  = Nilai rata-rata qc terendah 8 diameter keatas dan kebawah tiang.

$Crr$  = Nilai rata-rata qc 4 diameter keatas dan kebawah tiang

$Ak$  = Keliling Tiang (m)

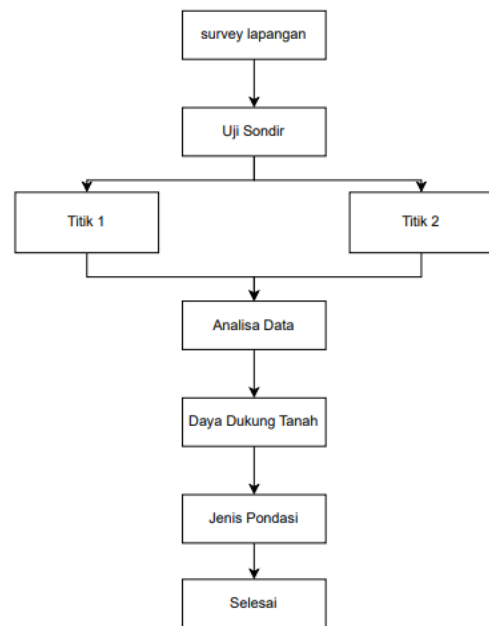
$qall$  = Allowable bearing capacity

$qc$  = Tahanan ujung konus.

$qu$  = Ultimate bearing capacity

$Tsf$  = Nilai total friction resistance dari data sondir

$sf1$  = Safety factor, 3 ;  $Sf2$  = safety factor, 5.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Pengujian sondir dilakukan di lapangan menggunakan alat sondir berkapasitas 2,5 ton yang terdiri dari pipa sondir lengkap dengan batang dalam, dua buah manometer dengan rentang pengukuran sesuai alat sondir ringan (0–60 kg/cm<sup>2</sup> dan 0–250 kg/cm<sup>2</sup>), serta dilengkapi dengan bikonus dan angker beserta perlengkapannya. Pengambilan data dilakukan setiap penurunan 20 cm dan dihentikan ketika mencapai kedalaman maksimum yang direncanakan atau saat pembacaan manometer mencapai batas 150 kg/cm<sup>2</sup>.

Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk memperoleh dua parameter pada setiap kedalaman, yaitu:

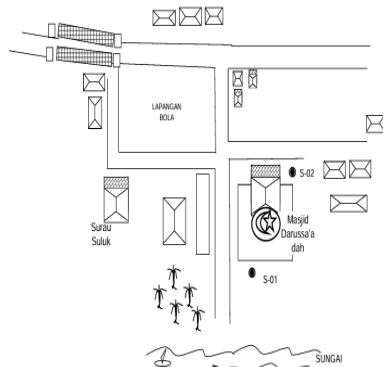
1. Nilai Perlawanan Konus (NK) yang dinyatakan dalam satuan kg/cm<sup>2</sup>.
2. Jumlah Hambatan Pelekat (JHP) dinyatakan dalam satuan kg/cm<sup>2</sup>.

Kedua parameter tersebut dicatat pada setiap interval penurunan 20 cm hingga mencapai kedalaman di mana nilai NK ≥ 150 kg/cm<sup>2</sup>, dengan mempertimbangkan batas maksimum kedalaman dari permukaan tanah setempat. Data hasil analisis kemudian dimanfaatkan untuk menentukan kapasitas daya dukung tanah serta jenis pondasi yang sesuai digunakan di Desa Pasir Rambah Rokan Timur Rokan IV Koto Rokan Hulu provinsi Riau.

## HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan hasil pengujian sondir di lapangan, diperoleh bahwa lapisan tanah permukaan hingga kedalaman ±2 meter didominasi oleh lempung lunak dengan nilai perlawanan konus rendah ( $<20 \text{ kg/cm}^2$ ), yang berpotensi mengalami penurunan bila diberi beban besar. Pada kedalaman 2–5 meter ditemukan lapisan lanau dan pasir halus dengan nilai  $q_c$  meningkat hingga  $>100 \text{ kg/cm}^2$ , menunjukkan kekuatan yang sedang. Sementara pada kedalaman lebih dari 6 meter, lapisan pasir padat mendominasi dengan nilai  $q_c >200 \text{ kg/cm}^2$ , sehingga layak dijadikan lapisan pendukung pondasi. Karakteristik ini menunjukkan transisi tanah dari lempung lunak ke pasir padat seiring kedalaman.

Adapun hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



Gambar 4. Lokasi titik sondir (sketsa tanpa skala)

Dengan menggunakan metode CPT (*Cone Penetration Test*)/Sondir, pengambilan data sondir dilakukan menggunakan alat uji yang terdiri dari alat sondir yang digunakan kapasitas 2,5 ton, pipa sondir lengkap dengan batang dalam, manometer 2 buah dengan kapasitas sesuai dengan sondir ringan yaitu 0 – 60  $\text{kg/cm}^2$  dan 0 – 250  $\text{kg/cm}^2$ , alat bikonus, dan angker dengan perlengkapannya Dokumentasi uji sondir pada titik lokasi 1 seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Titik 1 uji sondir

Penyelidikan Sondir pada titik 1 diukur dari elevasi  $\pm 0.00$  (muka tanah setempat)  $NK \geq 155 \text{ kg/cm}^2$  didapat pada posisi kedalaman  $-10.00 \text{ m}$  dengan nilai TFR 250  $\text{kg/cm}$ . Data sondir titik 1 hasil penyelidikan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Uji Sondir Pada Lokasi Titik 1

Depth (m)	Cone resistance ( $\text{kg/cm}^2$ )	Friction Resistance ( $\text{kg/cm}^2$ )	Skin friction ( $\text{kg/cm}^2$ )	Skin factor (FS)(20/10) ( $\text{kg/cm}$ )	Local skin friction ( $\text{kg/cm}^2$ )	Friction ratio ( $\text{kg/cm}^2$ )	Cumulative skin friction ( $\text{kg/cm}^2$ )
0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0
0,2	5	8	3	6	0,3	6,0	5,4
0,4	12	20	8	16	0,8	6,67	19,8
0,6	16	25	9	18	0,9	5,63	36,0
0,8	10	20	10	20	1,0	10,0	54,0
1,0	8	18	10	20	1,0	12,5	72,0
1,2	12	28	16	32	1,6	13,3	100,8
1,4	10	18	8	16	0,8	8,0	115,2
1,6	6	12	6	12	0,6	10,0	126
1,8	48	58	10	20	1,0	2,08	144
2,0	23	33	10	20	1,0	4,3	162
2,2	28	38	10	20	1,0	3,57	180
2,4	26	36	10	20	1,0	3,85	198
2,6	26	26	0	0	0,0	0,0	198
2,803,	24	34	10	20	1,0	4,17	216
00	20	30	10	20	1,0	5,0	234
3,20	5	10	5	10	0,5	10	253,8
3,40	6	12	6	12	0,6	10	262,8
3,60	3	8	5	10	0,5	16,6	275,4
3,80	5	12	7	14	0,7	7	293,4
4,00	8	18	10	20	1,0	14,0	316,8
4,20	12	25	13	26	1,3	12,5	343,8
4,40	23	38	15	30	1,5	10,8	363,6
4,60	28	39	11	22	1,1	6,5	390,6
4,80	25	40	15	30	1,5	3,93	403,2
5,00	128	135	7	14	0,7	6,0	417,6
5,20	154	162	8	16	0,8	0,55	430,2
5,40	168	175	7	14	0,7	0,52	442,8
5,60	200	207	7	14	0,7	0,42	464,4
5,80	88	100	12	24	1,2	0,35	491,4
6,00	90	105	15	30	1,5	1,36	513,0
6,20	83	95	12	24	1,2	1,67	491,4
6,40	93	103	10	20	1,0	1,45	531,0
6,60	135	148	13	26	1,3	1,08	554,4
6,80	185	198	13	26	1,3	0,96	577,8
7,00	225	238	13	26	1,3	0,70	601,2
7,20	230	242	12	24	1,2	0,58	622,8
7,40	240	250	10	20	1,0	0,52	640,8
7,60	242	250	8	16	0,8	0,43	655,2

Tabel hasil uji sondir (*Cone Penetration Test/CPT*) ini memperlihatkan variasi nilai perlawanan konus ( $q_c$ ), hambatan lekat ( $f_s$ ), serta faktor kulit (*skin friction*) terhadap kedalaman tanah hingga 7,8 meter. Nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ) pada lapisan dangkal (0–2 m) menunjukkan angka yang rendah, menandakan kondisi tanah lempung lunak dengan daya dukung rendah. Seiring bertambahnya kedalaman, terutama

pada kisaran 2–5 meter, nilai qc meningkat secara bertahap hingga mencapai 200 kg/cm<sup>2</sup> pada kedalaman sekitar 5,8 meter, menunjukkan adanya transisi menuju lapisan tanah yang lebih padat atau berpasir. Nilai *friction ratio* juga menurun dari sekitar 10–15% di lapisan atas menjadi kurang dari 1% di lapisan bawah, mengindikasikan perubahan jenis tanah dari lempung menuju pasir padat. Pada kedalaman di atas 6 meter, nilai qc mencapai lebih dari 200 kg/cm<sup>2</sup> dengan *cumulative skin friction* lebih dari 600 kg/cm<sup>2</sup>, menandakan lapisan tanah keras atau pasir padat yang dapat dijadikan lapisan pendukung pondasi (*bearing layer*). Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan peningkatan kekuatan tanah dengan bertambahnya kedalaman, sehingga pondasi tiang yang mencapai kedalaman lebih dari 6 meter diperkirakan memiliki kapasitas daya dukung yang baik dan stabil..



Gambar 6. Titik 2 uji sondir

Penyelidikan Sondir pada titik 1 diukur dari elevasi ± 0.00 (muka tanah setempat ) NK ≥ 155 kg/cm<sup>2</sup> didapat pada posisi kedalaman -10.00 m dengan nilai TFR 250 kg/cm. Data sondir titik 1 hasil penyelidikan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Uji Sondir Pada Lokasi Titik 2

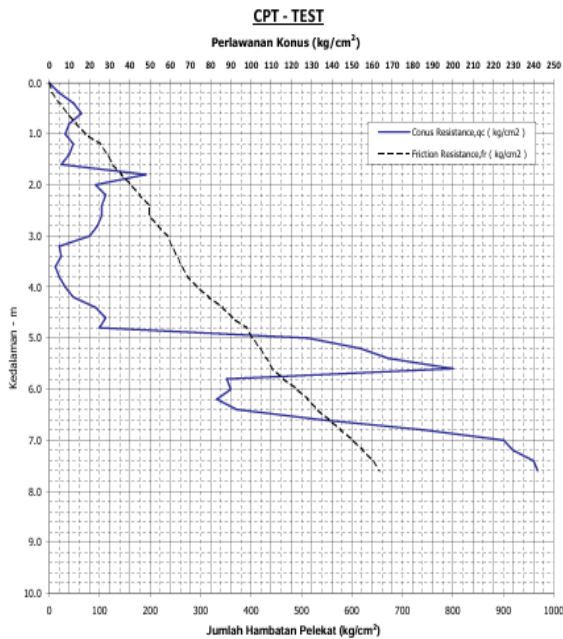
Depth (m)	Cone resistance (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction Resistance (kg/cm <sup>2</sup> )	Skin friction (kg/cm <sup>2</sup> )	Skin factor (FS)(20/10) (kg/cm)	Local skin friction (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction ratio (%)	Commulative skin friction (kg/cm <sup>2</sup> )
0,0	0	0	0	0	0	0,0	0
0,2	3	6	3	6,0	0,3	10	5,4
0,4	5	11	6	12	0,6	12	16,2
0,6	10	15	5	10	0,5	5	25,2
0,8	18	27	9	18	0,9	5	41,4
1,0	12	20	8	16	0,8	6,6	55,8
1,2	18	30	12	24	1,2	6,6	77,4
1,4	15	28	13	26	1,3	8,6	100,8
1,6	20	30	10	20	1,0	5,0	118,8
1,8	16	26	10	20	1,0	6,2	136,8
2,0	20	33	13	26	1,3	6,5	160,2
2,2	10	20	10	20	1,0	10	178,2
2,4	13	26	13	26	1,3	10	201,6
2,6	8	18	10	20	1,0	12,5	219,6
2,80	11	26	15	30	1,5	13,6	246,6
3,00	24	36	12	24	1,2	5,0	268,2
3,20	28	38	10	20	1,0	3,57	286,2

Depth (m)	Cone resistance (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction Resistance (kg/cm <sup>2</sup> )	Skin friction (kg/cm <sup>2</sup> )	Skin factor (FS)(20/10) (kg/cm)	Local skin friction (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction ratio (%)	Commulative skin friction (kg/cm <sup>2</sup> )
3,40	48	63	15	30	1,5	3,13	313,2
3,60	60	68	8	16	0,8	1,33	327,6
3,80	65	78	13	26	1,3	2,0	351,0
4,00	60	72	12	24	1,2	2,0	272,6
4,20	40	55	15	30	1,5	3,75	399,6
4,40	35	50	15	30	1,5	4,29	426,6
4,60	32	47	15	30	1,5	4,69	453,6
4,80	50	65	15	30	1,5	3,0	480,6
5,00	58	72	14	28	1,4	2,41	505,8
5,20	110	118	8	16	0,8	0,73	520,2
5,40	125	133	8	16	0,8	0,64	534,6
5,60	150	158	8	16	0,8	0,53	549
5,80	203	210		14	0,7	0,34	561,6
6,20	180	188	8	16	0,8	0,44	586,8
6,40	124	134	10	20	1,0	0,81	604,8
6,60	210	215	5	10	0,5	0,24	613,8
6,80	238	245	7	14	0,7	0,29	626,4
7,00	240	250	10	20	1,0	0,42	644,4

Tabel hasil uji sondir pada lokasi titik 2 ini menunjukkan variasi nilai perlawanan konus (qc), hambatan lekat (fs), dan *skin friction* terhadap kedalaman tanah hingga 7,8 meter. Pada kedalaman 0–1,5 meter, nilai qc dan fs masih rendah, menandakan lapisan tanah lempung lunak dengan daya dukung yang rendah. Mulai dari kedalaman 2 hingga 4 meter, nilai qc meningkat bertahap antara 20–70 kg/cm<sup>2</sup> dan fs juga naik, menunjukkan adanya lapisan tanah lempung sedang hingga lanau padat. Pada kedalaman 4–6 meter, nilai qc meningkat tajam hingga lebih dari 100 kg/cm<sup>2</sup>, mengindikasikan lapisan tanah yang lebih padat atau mulai berpasir. Di bawah kedalaman 6 meter, nilai qc mencapai 200–250 kg/cm<sup>2</sup> dengan nilai fs yang relatif kecil dan *friction ratio* di bawah 1%, menunjukkan dominasi lapisan pasir padat atau tanah keras yang berperan sebagai lapisan pendukung pondasi (*bearing layer*). Nilai *cumulative skin friction* yang terus meningkat hingga 644,4 kg/cm<sup>2</sup> juga menegaskan bahwa daya dukung tanah bertambah signifikan dengan kedalaman. Secara keseluruhan, tabel ini menggambarkan bahwa tanah pada lokasi titik 2 memiliki lapisan lunak di permukaan dan semakin padat hingga kedalaman sekitar 7 meter, sehingga pondasi dalam seperti tiang pancang atau bore pile direkomendasikan untuk mencapai lapisan tanah keras tersebut. dukung tinggi di lokasi penelitian.

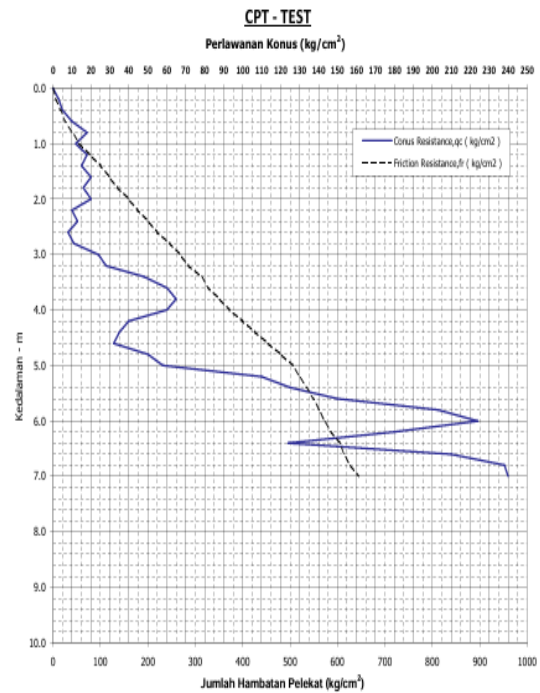
**Analisis data sondir**

Grafik hasil analisis Data Sondir pada titik 1 dapat dilihat pada gambar 7 berikut :



Gambar 7. Grafik data sondir titik 1

Grafik hasil uji sondir (*Cone Penetration Test/CPT*) ini menunjukkan hubungan antara perlawanan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ) terhadap kedalaman tanah hingga 10 meter. Berdasarkan pola grafik, pada kedalaman 0–1,5 meter terlihat nilai  $q_c$  dan  $f_s$  yang rendah, menunjukkan bahwa lapisan tanah pada bagian ini merupakan lempung lunak atau tanah organik dengan daya dukung rendah. Antara kedalaman 1,5 hingga 3 meter terjadi sedikit peningkatan nilai  $q_c$  dan  $f_s$ , menandakan adanya lapisan lempung sedang atau lanau padat. Pada kedalaman 3–5 meter nilai  $q_c$  kembali menurun, mengindikasikan lapisan lempung plastis lunak yang memiliki konsistensi lembek. Mulai dari kedalaman 5 hingga 7 meter, nilai  $q_c$  meningkat signifikan dengan disertai peningkatan  $f_s$ , yang mengindikasikan lapisan tanah lebih padat atau berpasir. Pada kedalaman di bawah 7 meter hingga 10 meter, nilai  $q_c$  relatif tinggi dan stabil (sekitar 150–200  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), menunjukkan bahwa tanah pada lapisan ini tergolong keras atau pasir padat yang berpotensi sebagai lapisan pendukung pondasi. Secara keseluruhan, grafik CPT ini menggambarkan kondisi tanah yang semakin padat dengan bertambahnya kedalaman, sehingga pondasi tiang atau bore pile yang menembus hingga kedalaman  $\pm 7$ –8 meter diperkirakan akan memperoleh daya dukung tanah yang baik dan stabil.



Gambar 8. Grafik data sondir titik 2

Grafik hasil uji sondir (*Cone Penetration Test/CPT*) tersebut menunjukkan variasi perlawanan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ) terhadap kedalaman tanah hingga 10 meter. Pada kedalaman 0–1,5 meter, nilai  $q_c$  dan  $f_s$  relatif rendah, mengindikasikan lapisan tanah lempung lunak atau tanah organik. Dari kedalaman 1,5 hingga 3 meter, terjadi sedikit peningkatan nilai  $q_c$  dan  $f_s$  yang menandakan lapisan tanah lempung sedang atau lanau. Namun, pada kedalaman 3–5 meter nilai  $q_c$  kembali menurun, menunjukkan adanya lapisan lempung plastis lunak. Mulai kedalaman 5 hingga 6,5 meter, nilai  $q_c$  meningkat tajam dengan diikuti kenaikan  $f_s$ , menandakan lapisan tanah yang lebih padat atau berpasir. Pada kedalaman 6,5–8 meter, nilai  $q_c$  mencapai kisaran tinggi (sekitar 150–200  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) dan cenderung stabil hingga 10 meter, yang menunjukkan lapisan tanah keras atau pasir padat sebagai lapisan pendukung pondasi yang baik. Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan kondisi tanah yang semakin padat dengan bertambahnya kedalaman, sehingga pondasi yang menembus hingga kedalaman  $\pm 7$ –8 meter berpotensi memiliki daya dukung yang optimal.

**Tabel.3** Estimasi Perhitungan Daya Dukung (*Bearing Capacity*) titik 1

Depth (m)	Pondasi Dangkal			Penampang tiang 20 x20		Penampang tiang 25 x25	
	CR(qc) (kg/cm <sup>2</sup> )	QU (ton/m <sup>2</sup> )	Qa (ton/pile)	QU (ton/m <sup>2</sup> )	Qa (ton/pile)	QU (ton/m <sup>2</sup> )	Qa (ton/pile)
0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-0,2	5	1,67	0,33	2,4	0,4	3,13	0,63
-0,4	12	4,0	0,80	4,8	0,96	7,50	1,50
-0,6	16	5,33	1,07	6,4	1,28	10,0	2,0
-0,8	10	3,3	0,67	4,0	0,8	6,2	1,25
-1,0	8	2,67	0,53	3,2	0,64	5,0	1,0
-1,2	12	4,0	0,80	4,8	0,96	7,5	1,5
-1,4	10	3,3	0,67	4,0	0,8	6,26	1,25
-1,6	6	2,0	0,40	2,4	0,48	3,75	0,75
-1,8	48	16,0	3,2	19,2	3,84	30,0	6,0
-2,0	23	7,67	1,53	9,2	1,84	14,38	2,88
-2,2	28	9,3	1,87	11,2	2,24	17,5	3,5
-2,4	26	8,67	1,73	10,5	2,08	16,25	3,25
-2,6	26	8,67	1,73	10,4	2,08	16,26	3,25
-2,8	24	8,0	1,60	9,6	1,92	15,0	3,0
-3,0	20	6,67	1,3	8,0	1,6	12,5	2,5
-3,2	5	1,67	0,3	2,0	0,4	3,13	0,63
-3,4	6	2,0	0,4	2,4	0,48	3,75	0,75
-3,6	3	1,0	0,2	1,2	0,24	1,88	0,38
-3,8	5	1,67	0,3	2,0	0,40	3,13	0,63
-4,0	8	2,67	0,5	3,2	0,64	5,0	1,0

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai daya dukung tanah (*bearing capacity*) meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman. Nilai CR (qc/qg) dan QU (daya dukung ultimit) menunjukkan tren kenaikan yang cukup signifikan hingga kedalaman sekitar 2,6–2,8 meter, yang menandakan lapisan tanah pada kedalaman tersebut memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan lapisan di atasnya. Daya dukung izin (Qa) baik pada pondasi dangkal maupun tiang pancang dengan penampang 20×20 cm dan 25×25 cm juga menunjukkan pola peningkatan serupa. Nilai tertinggi daya dukung izin tercapai pada kedalaman sekitar 2,8 meter, yaitu sebesar 2,08 ton/pile untuk tiang 20×20 cm dan 3,25 ton/pile untuk tiang 25×25 cm. Setelah kedalaman tersebut,

nilai daya dukung cenderung menurun, menunjukkan kemungkinan adanya lapisan tanah yang lebih lunak di bawahnya. Dengan demikian, kedalaman optimal untuk perencanaan pondasi berada di sekitar 2,6–2,8 meter, di mana tanah memiliki kapasitas dukung maksimum.

**Tabel.4** Estimasi Perhitungan Daya Dukung (*Bearing Capacity*) titik 2

Depth (m)	Pondasi Dangkal			Penampang tiang 20 x20		Penampang tiang 25 x25	
	CR(qc) (kg/cm <sup>2</sup> )	QU (ton/m <sup>2</sup> )	Qa (ton/pile)	QU (ton/m <sup>2</sup> )	Qa (ton/pile)	QU (ton/m <sup>2</sup> )	Qa (ton/pile)
0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-0,2	3	1,0	0,20	1,2	0,24	1,88	0,38
-0,4	5	1,67	0,33	2,0	0,4	3,13	0,63
-0,6	10	3,33	0,67	4,0	0,8	6,25	1,25
-0,8	18	6,0	1,2	7,2	1,44	11,2	2,25
-1,0	12	4,0	0,8	4,8	0,96	7,5	1,50
-1,2	18	6,0	1,2	7,2	1,44	11,2	2,25
-1,4	15	5,0	1,0	6,0	1,20	9,38	1,88
-1,6	20	6,67	1,33	8,0	1,6	12,5	2,5
-1,8	16	5,33	1,07	6,4	1,28	10,0	2,0
-2,0	20	6,67	1,33	8,0	1,6	12,5	2,5
-2,2	10	3,33	0,67	4,0	0,8	6,25	1,25
-2,4	13	4,3	0,87	5,2	1,0	8,13	1,63
-2,6	8	2,67	0,53	3,2	0,64	5,0	1,0
-2,8	11	3,67	0,73	4,4	0,88	6,8	1,38
-3,0	24	8,0	1,6	9,6	1,92	15,0	3,0
-3,2	28	9,3	1,87	11,2	2,24	17,5	3,5
-3,4	48	16,0	3,2	19,2	3,84	30,0	6,0
-3,6	60	20,0	4,0	24,0	4,80	37,5	7,5
-3,8	65	21,6	4,3	26,0	5,20	40,6	8,13
-4,0	60	20,0	4,0	24,0	4,80	37,5	7,5

Berdasarkan tabel daya dukung tanah (*bearing capacity*) pada titik 2, bahwa nilai daya dukung tanah meningkat secara signifikan seiring bertambahnya kedalaman. Hal ini terlihat dari kenaikan nilai CR (qc/qg), QU (daya dukung ultimit), dan Qa (daya

dukung izin) baik pada pondasi dangkal maupun pondasi tiang.

Pada kedalaman dangkal (0–1 m), daya dukung tanah masih relatif rendah dengan nilai  $Q_a$  pondasi dangkal berkisar antara 0,33–0,67 ton/m<sup>2</sup>. Namun, mulai kedalaman sekitar 1,6 m hingga 3,0 m, nilai daya dukung meningkat cukup tajam, menunjukkan adanya lapisan tanah yang lebih padat dan kuat.

Puncak daya dukung tercapai pada kedalaman 4,0 meter, di mana nilai  $Q_a$  mencapai sekitar 4,0 ton/m<sup>2</sup> untuk pondasi dangkal, 8,75 ton/pile untuk tiang berpenampang 20×20 cm, dan 7,5 ton/pile untuk tiang berpenampang 25×25 cm. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tanah di bawah kedalaman 3,5 meter memiliki kekuatan yang paling baik untuk menahan beban.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dua tabel data daya dukung tanah (*bearing capacity*) pada titik 1 dan titik 2, diketahui bahwa nilai daya dukung tanah pada kedua titik mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Pada titik 1, peningkatan nilai daya dukung maksimum terjadi hingga kedalaman sekitar 2,6–2,8 meter, dengan  $Q_a$  tertinggi mencapai 2,08 ton/pile (penampang 20×20 cm) dan 3,25 ton/pile (penampang 25×25 cm). Setelah kedalaman tersebut, nilai daya dukung mulai menurun, menandakan adanya lapisan tanah yang lebih lunak di bawahnya. Sementara itu, pada titik 2 nilai daya dukung tanah meningkat secara konsisten hingga kedalaman 4,0 meter, dengan  $Q_a$  maksimum sebesar 8,75 ton/pile (20×20 cm) dan 7,5 ton/pile (25×25 cm), menunjukkan bahwa kondisi tanah di titik 2 lebih baik dan stabil pada lapisan bawah.

Berdasarkan hasil tersebut, jenis pondasi yang direkomendasikan pada titik 1 adalah pondasi tiang pancang pendek (mini pile) dengan kedalaman sekitar 2,5–3 meter, karena lapisan tanah yang kuat berada pada kedalaman tersebut. Sedangkan untuk titik 2, pondasi yang paling sesuai adalah pondasi tiang pancang dalam atau pondasi tiang bor (*bored pile*) dengan kedalaman sekitar 3,5–4 meter, mengingat lapisan tanah pada kedalaman ini memiliki kapasitas dukung yang paling optimal. Secara keseluruhan, titik 2 lebih direkomendasikan sebagai lokasi pondasi utama, karena memiliki daya dukung tanah yang lebih tinggi dan kestabilan yang lebih baik dibandingkan titik 1. Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa kondisi geoteknik di lokasi penelitian menunjukkan karakteristik lapisan tanah yang beragam, di mana

lapisan keras berada pada kedalaman >6 meter. Hal ini menegaskan bahwa metode CPT efektif dalam mengidentifikasi variasi daya dukung tanah dan membantu dalam menentukan jenis pondasi yang efisien. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan data numerik, tetapi juga memperkuat pentingnya investigasi tanah sebagai dasar perencanaan pondasi pada proyek-proyek konstruksi keagamaan dan infrastruktur di wilayah serupa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Islam Riau atas dukungan finansial yang diberikan dan juga kepada masyarakat desa Pasir Rambah Rokan Timur Rokan IV Koto Rokan Hulu yang sudah yang telah berpartisipasi aktif dalam proses koordinasi dan pelaksanaan kegiatan, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran yang sangat berharga penyempurnaan kegiatan ini.

## REFERENSI

- [1] PUPR, "Uji Sondir (Uji Tanah) sebagai Syarat Mutlak dalam Perijinan Bangunan Tinggi," <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/363/uji-sondir-soil-test-sebagai-syarat-mutlak-dalam-perijinan-bangunan-tinggi>. [Online]. Available: <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/363/uji-sondir-soil-test-sebagai-syarat-mutlak-dalam-perijinan-bangunan-tinggi>
- [2] "Menentukan Jenis Pondasi Berdasarkan Daya Dukung Tanah," *kompasiana*. [Online]. Available: <https://www.kompasiana.com/usahakarya/55e449cd779373ae2d1b0db2/menentukan-jenis-pondasi-berdasarkan-daya-dukung-tanah>
- [3] G. T. Depi and D. P. Kusumastuti, "Kapasitas Dukung Dan Penurunan Fondasi Bored Pile Pada Proyek Transmisi Gistet 500 kV," *J. Forum Mek.*, vol. 12, no. 2, pp. 82–91, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v12i2.2267>
- [4] B. M. Das, *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*. 1995.
- [5] A. Waruwu, F. Celline, R. Sinaga, and D. G. Gandawijaya, "Kajian Daya Dukung Tanah Lempung Distabilisasi dengan Abu Marmer," *J. Sainis*, vol. 24, no. 01, pp. 11–20, 2024, doi: 10.25299/sainis.2024.vol24(01).12710.
- [6] A. D. P. Dananjaya, R. H., Djarwanti, N., & Putri, R., "Perhitungan Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Tunggal Menggunakan Metode Clustering Data Sondir.," *MATRIKS Tek. SIPIL*,

- vol. 5, no. 1, pp. 686–688, 2017, doi: 10.1093/oseo/instance.00213143.
- [7] A. Sitohang, S. Batubara, O. Sitohang, and P. L. Hutagalung, “Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Penyelidikan Tanah pada Perencanaan Bangunan Gedung Rumah Bina Besitang,” *Action Res. Lit.*, vol. 8, no. 8, pp. 2384–2391, 2024, doi: 10.46799/arl.v8i8.520.
- [8] E. Bowles, & Joseph, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. PT. Erlangga. 1991.
- [9] J. Statika, “Analisis daya dukung tiang bor menggunakan metode empirik dari data pengujian sondir,” vol. 10, no. 2, 2024.
- [10] S. Bahri, M. R. Razali, and K. A. Elsandy, “Pemetaan Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Dangkal,” *J. Inersia*, vol. 8, no. 1, 2016.
- [11] H. K. Situmorang and L. Darmiyanti, “Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir Pada Proyek Pembangunan Boarding School,” vol. 3, no. November, pp. 19–28, 2024.
- [12] F. Fahriani and Y. Apriyanti, “Daya Dukung dan Penurunan Pondasi pada Pesisir Pantai Timur Kabupaten Bangka,” *Bentang J. Teor. dan Terap. Bid. Rekayasa Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 38–47, 2020, doi: 10.33558/bentang.v8i1.1949.
- [13] H. C. Hardiyatmo, *ANALISIS DAN PERANCANGAN PONDASI*. Yogyakarta: 2010.
- [14] Darwis, *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*, no. January. 2017.
- [15] M. Toyeb and A. Puri, “Analisis Kuat Dukung Fondasi Dengan Metode Statik Berdasarkan Data Sondir,” vol. 2, 2024.
- [16] A. Puri, “Pemetaan Konsistensi Tanah dan Perkiraan Jenis Pondasi,” *J. Saintis*, vol. 10, no. 1, pp. 11–20, 2017, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/319624219\\_Pemetaan\\_Konsistensi\\_Tanah\\_dan\\_Perkiraan\\_Jenis\\_Pondasi\\_di\\_Kota\\_Pekanbaru\\_The\\_Mapping\\_of\\_Soil\\_Consistency\\_and\\_Foundation\\_Type\\_Estimation\\_of\\_Pekanbaru\\_City](https://www.researchgate.net/publication/319624219_Pemetaan_Konsistensi_Tanah_dan_Perkiraan_Jenis_Pondasi_di_Kota_Pekanbaru_The_Mapping_of_Soil_Consistency_and_Foundation_Type_Estimation_of_Pekanbaru_City)
- [17] I. Ridhayani and I. Saputra, “Studi Analisis Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir Di Kampus Padhang-Padhang Universitas Sulawesi Barat,” *Bandar J. Civ. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 37–42, 2021.