

ANALISIS HASIL PENGUJIAN SONDIR UNTUK MENGETAHUI KAPASITAS DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG DAN BORE PILE TERHADAP VARIASI DIMENSI DI LOKASI UBHARA SURABAYA

AGUS MAHMUDI

Teknik Sipil, Universitas Bhayangkara Surabaya

Jl. A. Yani 114 Surabaya

e-mail: agusmahmudi@ubhara.ac.id

ABSTRACT

Bhayangkara Surabaya University will expand the building by making the existing building wider, namely in the Graha Bhayangkara building. The first step in planning is to carry out a soil investigation with the help of a sondir test kit. The soil data obtained from the sondir test results is analyzed to become a sondir graph, from this graph further analysis is carried out, namely investigation of soil data to find out the type of soil, from the type of soil an analysis of the carrying capacity of the bore pile will be carried out. From the sondir graph, an analysis of the bearing capacity of the pile foundation will be carried out. And from the bearing capacity of the foundation, an analysis of the foundation settlement will be carried out. Between the bearing capacity of the soil and the settlement of the foundation is closely related to the load of the building structure built on it. The analysis was performed using the Mayerhof method and the Vesic method. From the research results, for soil investigation the soil type is silty loam to a depth of 11 m, and the rest of the soil type is silty sand. Analysis of the bearing capacity of a single foundation pile with a weight bearing capacity of 39,912 kg with variations in pile diameter shows that the larger the diameter, the greater the carrying capacity. While the decrease that occurred was 0.04 cm.

Keywords: Sondir, Identification, Foundation Bearing Capacity, Settlement

ABSTRAK

Universitas Bhayangkara Surabaya akan melakukan perluasan bangunan dengan membangun bangunan yang sudah ada menjadi lebih luas, yakni pada gedung Graha Bhayangkara, langkah awal perencanaan adalah melakukan penyelidikan tanah dengan bantuan alat uji sondir. Data tanah yang diperoleh dari hasil uji sondir dianalisa untuk menjadi grafik sondir, dari grafik tersebut dilakukan analisa lanjutan yakni investigasi data tanah untuk mengetahui jenis tanahnya, dari jenis tanah akan dilakukan analisa daya dukung bore pile. Dari grafik sondir akan dilakukan analisis daya dukung pondasi tiang. Dan dari daya dukung pondasi akan dilakukan analisis penurunan pondasinya. Antara daya dukung tanah dan penurunan pondasi berhubungan erat dengan beban struktur bangunan yang dibangun di atasnya. Analisis dilakukan menggunakan metode Mayerhof dan metode Vesic. Dari hasil penelitian, untuk investigasi tanah jenis tanahnya lempung kelanauan sampai kedalaman 11 m, dan selebihnya jenis tanahnya adalah pasir kelanauan. Analisis daya dukung pondasi tunggal untuk tiang pancang berat daya dukungnya sebesar 39.912 kg dengan variasi diameter tiang menunjukkan semakin besar diameternya daya dukungnya semakin besar. Sedangkan penurunan yang terjadi sebesar 0,04 cm.

Kata kunci: Sondir, Identifikasi, Daya Dukung Pondasi, Penurunan

1. PENDAHULUAN

Pada konstruksi bangunan gedung pondasi merupakan hal yang pertama yang harus ada sebelum elemen lain terbentuk. Ketahanan bangunan juga tergantung pada pondasinya karena salah satu fungsinya adalah untuk meneruskan beban dari struktur atas menuju ke bagian tanah dasar pondasi. Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu system rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi ke dalam tanah yang terletak di bawahnya (*JE. Bowles 1988*).

Tanah harus mampu memikul beban konstruksi yang diletakkan pada tanah tersebut tanpa kegagalan (*shear failure*) geser dan dengan penurunan (*settlement*) yang dapat ditolerir untuk konstruksi tersebut. Kegagalan geser tanah dapat menimbulkan distorsi bangunan yang berlebihan dan bahkan keruntuhan. Dan penurunan yang berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan struktur pada kerangka bangunan (*JE. Bowles 1988*). Baik daya tahan geser dasar (daya dukung) maupun penurunan harus diselidiki untuk setiap perencanaan konstruksi.

Dalam menganalisa daya dukung pondasi dan penurunan, perlu dilakukan penyelidikan tanah atau karakteristik jenis tanahnya, hal ini penting dilakukan untuk mengetahui jenis tanah di lapangan yang akan dilakukan pembangunan. Tanah yang akan dianalisis berlokasi di Universitas Bhayangkara Surabaya yang akan direncanakan pembangunan pengembangan Gedung Graha Bhayangkara pada tahun 2023. Hasil penyelidikan dan analisisnya akan digunakan untuk merencanakan pemakaian pondasi yang sesuai dengan karakteristik tanahnya dan peruntukan bangunannya.

Penulis ingin menganalisis atau melakukan perencanaan menggunakan pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile, membandingkan kedua pondasi tersebut dari sisi daya dukung dan penurunan pondasinya. Hal yang menjadi alasan atau dasar pertimbangan penulis untuk menggunakan jenis pondasi tiang adalah bahwa konstruksi yang direncanakan setinggi tiga lantai.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Analisis Hasil Pengujian Sondir Untuk Mengetahui Kapasitas Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dan Bore Pile Terhadap Variasi Dimensi Di Lokasi Ubhara Surabaya”.

2. TEORI

Dalam menganalisis kapasitas dukung tiang pancang dan bore pile ada beberapa metode diantaranya metode Bagemann, Aoki dan De Alencar, Mayerhoff, Schmertmann dan Nottingham, deRuitter dan Beringen, dan Tromfimenkove Tomlinson (1977). Menggunakan metode-metode tersebut diperlukan pertimbangan untuk memilihnya, misalnya untuk melakukan analisis kapasitas dukung pondasi memilih menggunakan data berdasarkan data hasil test lapangan, maka bisa pakai data hasil test uji sondir atau Cone Penetrasi Test (CPT), dan atau data dari hasil test Standart Penetrasi Test (SPT). Hasil yang lebih direkomendasikan adalah menggunakan metode Mayerhoff karena hasil analisis yang dihasilkan lebih realistis, sedangkan alat uji yang dipakai adalah menggunakan CPT/Uji Sondir.

2.1. Identifikasi jenis tanah

Penggunaan CPT hasil ujinya dapat digunakan untuk menganalisa lapisan tanahnya sampai pada kedalaman tanah yang diambil datanya tersebut, karena jenis perilaku tanah setelah dilakukan test uji dapat diidentifikasi dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimutnya. Kapasitas/besaran gaya data tanah yang diukur pada uji sondir adalah berupa perlawanan ujung yang diambil sebagai gaya penetrasi persatuan luas ujung sondir (qc). Besarnya gaya ini seringkali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Untuk tanah kepasiran, tahanan ujung lebih besar daripada tanah berbutir halus.

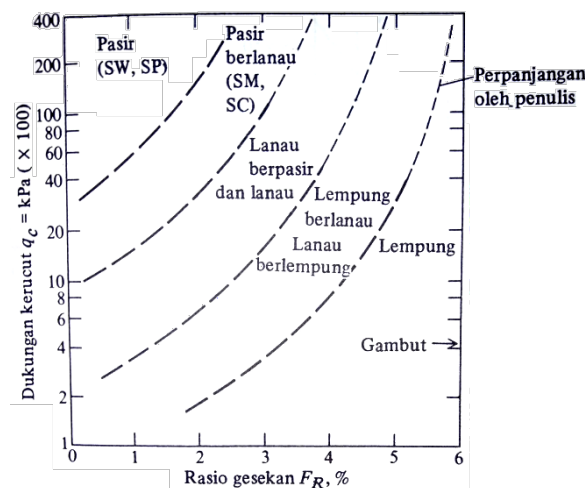
Harga perlawanan konus hasil uji penetrasi sondir pada lapisan tanah dapat dihubungkan secara empiris dengan kekuatannya. Pada tanah berbutir halus (lempung–lanau) dapat ditentukan tingkat kekerasan relatifnya. Sedangkan pada tanah berbutir kasar (pasir–kerikil) dapat ditentukan

tingkat kepadatan relatifnya terhadap kedalaman karena jenis perilaku tanah telah dapat diidentifikasi dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimutnya.

Tabel 1. Konsistensi tanah lempung berdasarkan hasil sondir (Terzaghi dan Peck, 1984)

Konsistensi	Conus Resistance (qc) Kg/cm ²	Friction Ratio (FR) %
Sangat Lunak/ <i>very soft</i>	<5	3.5
Lunak/ <i>Soft</i>	5-10	3.5
Teguh/ <i>Firm</i>	10-35	4.0
Kaku/ <i>stiff</i>	30-60	4.0
Sangat Kaku/ <i>very stiff</i>	60-120	6.0
Keras/ <i>Hard</i>	>120	6.0

Harga perlawanan konus (qc) dan friction ratio (FR) hasil uji penetrasi sondir dapat dihubungkan secara empiris dengan jenis tanahnya. Pada tanah berbutir semakin halus (lanau-lempung) cenderung memiliki harga perlawanan konus (qc) yang kecil tetapi harga friction rasionya (FR) besar, pada tanah berbutir kasar (pasir-kerikil) harga perlawanan konus (qc) besar tetapi sedangkan harga friction ratio-nya (FR) kecil.



Gambar 1. Grafik hubungan qc dan Fr menurut Robertson dan Campanella (Bowles, 1997)

Untuk mengklasifikasikan tanah ada banyak jenis klasifikasi, salah satunya dari Robertson (1986). Pada klasifikasi ini (gambar 1) digunakan dengan cara memplotkan antara nilai qc dengan FR. Hasil pemplotannya itu menunjukkan jenis tanah pada daerah tersebut. Sebelum memplotkan, nilai qc harus diubah terlebih dahulu dari satuan kg/cm² ke dalam satuan MPa atau Mega pascal. Untuk nilai 1 kg/cm² = 0,0980665 MPa (Robertson, 1990)

Robertson (1986) memperkenalkan cara mengklasifikasi jenis tanah seperti pada gambar 2, yakni dengan cara memplot antara nilai konus (qc) dengan friction ratio (FR), dan hasil plot tersebut menunjukkan jenis tanah pada daerah yang tanahnya diuji sondir. Sebelum memplot nilai qc harus dirubah dulu satuannya dari kg/cm² ke dalam satuan MPa atau Mega pascal. Catatan : 1 kg/cm² = 98,0665 KPa (Robertson, 1990).

2.2. Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dari Data Sondir Metode Mayerhof

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.

Penghitungan nilai daya dukung tanah dilakukan dengan menggunakan rumus yang dirumuskan oleh Meyerhoff (dalam Sihotang, 2009) sebagai berikut:

$$Q_{ultimate} = Q_p + Q_s \\ = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot p)$$

Dimana :

$Q_{ultimate}$: kapasitas daya dukung tiang pancang (Ton)

Q_p : kapasitas daya dukung ujung (Ton)

Q_s : kapasitas daya dukung selimut tiang (Ton)

q_c : tanahana ujung sondir

A_p : luas penampang tiang

JHL : jumlah hambatan lekat sepanjang kulit konus (kg/cm^2)

p : keliling tiang

Q_{ijin} : kapasitas daya dukung ijin (Ton)

Setelah melakukan perhitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal, kemudian dilanjutkan dengan menentukan kapasitas daya dukung yang diijinkan. Perhitungannya menggunakan rumus Meyerhoff (dalam Sihotang, 2009) :

$$Q_{ijin} = \frac{(q_c \times A_p)}{3} + \frac{(JHL \times p)}{5}$$

Dimana angka 3 dan 5 adalah faktor keamanan

2.3. Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Bore Pile

Bore Pile/tiang bor dipasang didalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan cocor beton (Hary, 2003). Penghitungan nilai daya dukung tanah untuk bore pile dilakukan dengan menggunakan rumus yang dirumuskan oleh Meyerhoff (dalam Hari, 2003) sebagai berikut:

$$Q_u = A_b \cdot q_c + A_s \cdot f_s$$

Dimana :

A_b : luas ujung bawah tiang (cm^2)

A_s : luas selimut tiang (cm^2)

q_c : tahanan ujung kerucut statis (kg/cm^2)

f_s : tahanan gesek dinding satuan (kg/cm^2)

Tahanan gesek satuan antara dinding tiang dan tanah untuk tiang pancang dari bahan beton, secara empiris dapat diperoleh dari nilai tahanan ujung kerucut yang diberikan oleh Mayerhof (1956) untuk tanah kepasiran, sebagai berikut:

$$f_s = \frac{q_c}{200}$$

2.4. Penurunan Pondasi

Daya dukung yang aman terhadap keruntuhan tidak berarti bahwa penurunan pondasi akan berada dalam batas-batas yang diizinkan. Oleh karena itu, analisis penurunan harus dilakukan karena umumnya bangunan peka terhadap penurunan yang berlebihan.

Penurunan pada tiang pondasi diakibatkan karena adanya beban yang bekerja di atasnya. Metode yang digunakan untuk menganalisa penurunan pondasi adalah Metode Mayerhoff (1976) karena metode ini dapat dihitung berdasarkan data uji sondir (CPT).

Ketika pondasi tiang dibebani, maka tiang mengalami pemendekan serta tanah disekitarnya akan terjadi penurunan (Hardiyatmo, 2015). Memperhitungkan penurunan pondasi sangat penting, hal tersebut guna mencegah penurunan pondasi yang berlebihan dan mencegah kegagalan struktur bangunan.

Penurunan pada tiang dipengaruhi oleh mekanisme pengalihan beban, maka penyelesaiannya yaitu dengan cara perhitungan penurunan yang bersifat pendekatan. Perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal dapat diselesaikan dengan menggunakan metode empiris yang dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut ini :

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

Dimana :

S : penurunan total di kepala tiang (m)

D : diameter tiang (m)

Q : beban yang bekerja (Ton)

A_p : luas penampang tiang (m²)

L : panjang tiang (m)

E_p : modulus elastisitas tiang (Ton/m²)

Perhitungan penurunan pondasi yang diizinkan menurut Reese & Wright (1997) yaitu $S_{Total} \leq S_{izin}$. Untuk penurunan izin pondasi tiang tunggal dapat dilihat Persamaan berikut :

$S_{izin} : 10\% \cdot D$

Keterangan, D : diameter tiang (m)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kapasitas dukung pondasi tiang pancang dan bore pile dengan mengambil objek di lokasi proyek pengembangan pembangunan Gedung Graha Bhayangkara Universitas Bhayangkara Surabaya dengan menggunakan metode Mayerhoff. Hasil dari analisis kapasitas dukung yang dilakukan dijadikan sebagai dasar merencanakan kebutuhan jumlah pondasi tiang yang dipasang dan dapat dijadikan dasar memilih pondasi tiang pancang atau bore pile.

Langkah awal penelitian adalah mendapatkan data primer dengan melakukan pengujian tanah di lokasi proyek dengan menggunakan Cone Penetration Test (CPT) atau uji sondir. Pada alat uji sondir terdapat alat yang berbentuk kerucut (conus), alat ini disambung dengan pipa sondir dan dimasukkan kedalam tanah dengan cara memutar engkel agar pipa tersebut masuk dalam tanah. Pada saat diputar sampai kedalam 20 cm kemudian dihentikan dan dilakukan pembacaan nilai conus dan hambatan pekat yang terdapat pada manometer. Demikian seterusnya dilakukan dan setiap turun 20 cm dilakukan pembacaan manometer hingga sampai pada kedalam tanah keras atau kedalaman dimana didapatkan nilai perlawanan conus $\geq 150 \text{ kg/cm}^2$.

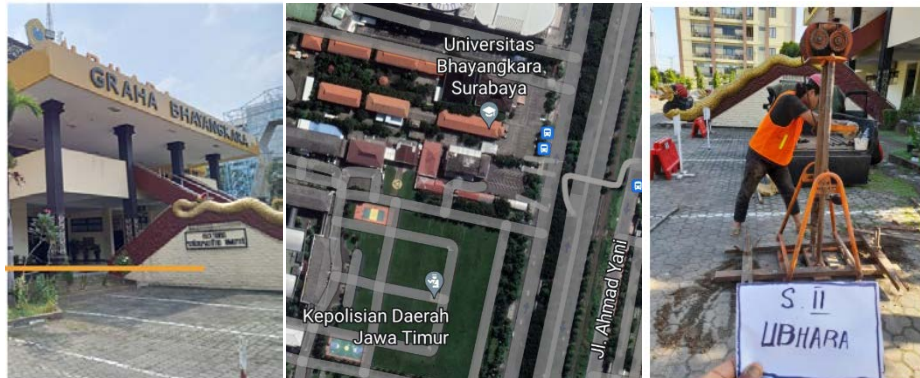
Hasil dari uji sondir berupa data conus dan hambatan pekat selanjutnya dianalisis untuk mendapat parameter data tanah pada setiap kedalamannya, yakni berupa nilai perlawanan conus (qc), jumlah hambatan lekat (JHL), dan Friction Ratio (FR). Hubungan antara nilai FR dengan nilai qc akan dianalisis untuk mendapatkan gambaran tentang klasifikasi tanahnya sebagaimana yang tercantum pada tabel 1 tentang katagori jenis tanahnya, hasilnya akan dijadikan sebagai dasar merencanakan daya dukung pondasi bore pile.

Dari data sondir juga akan dilakukan analisis nilai daya dukung pondasi tiang pancang pada setiap kedalaman uji, dengan memperhitungkan variasi diameter tiang pancang. Analisis juga dilakukan terhadap penurunan pondasi, apakah penurunan hasil analisis aman yang berarti lebih kecil dari penurunan yang diijinkan. Data yang diperlukan untuk analisa penurunan yang terkait dengan hasil uji sondir adalah daya dukung pondasi yang berfungsi sebagai bebannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Survey Lokasi

Lokasi penelitian di kampus Universitas Bhayangkara, yakni untuk rencana proyek pengembangan gedung Graha Bhayangkara. Titik lokasi sondir dilakukan sebanyak tiga titik yaitu sebagai titik S-1, S-2, S-3.



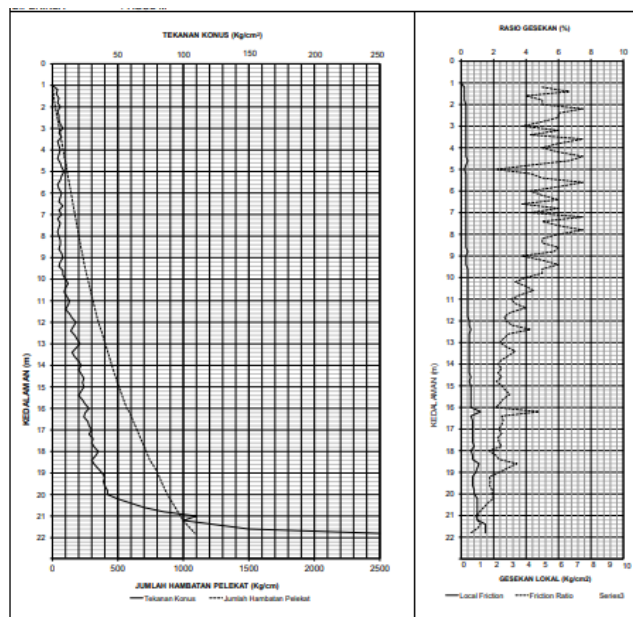
Gambar 2. Titik lokasi sondir

4.2. Uji Sondir

Pengujian tanah menggunakan metode Cone Penetrasi Test (CPT)/Uji sondir. Pengujian sondir dilakukan di tiga titik, dengan kedalaman yang sama sedalam 21,8 meter. Hasil uji sondir telah selesai dianalisis, nilai konus (q_c) dapat diperoleh dengan cara 8D keatas dari ujung tiang dan 4D ke bawah, dan hasilnya ketiganya menghasilkan model grafik yang sama, oleh karena itu penulis hanya akan menampilkan satu gambar hasil analisis saja yaitu hasil uji sondir pada titik S-1 untuk digunakan menghitung daya dukung.

4.3. Klasifikasi tanah berdasarkan uji sondir

Hasil analisis kapasitas dukung pondasi tiang tunggal dari data pengujian Sondir yaitu titik S-1 dan diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m. Kapasitas dukung pondasi tiang tunggal menggunakan metode Mayerhoff dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 2.



Gambar 3. Grafik Sondir pada titik S-1

Tabel 2. Data hasil uji sondir pada titik S-1

KEDALAMAN (m)	Cn kg/cm ²	Cn+Cl kg/cm ²	HP kg/cm	JHP kg/cm	FR %
1	0	0	0	0	0,00
1,2	4	6	4	4	5,00
1,4	3	5	4	8	6,67
1,6	5	7	4	12	4,00
1,8	4	6	4	16	5,00
2	6	9	6	22	5,00
2,2	4	7	6	28	7,50
2,4	5	8	6	34	6,00
2,6	5	8	6	40	6,00
2,8	6	9	6	46	5,00
3	8	11	6	52	3,75
3,2	5	8	6	58	6,00
3,4	7	10	6	64	4,29
3,6	4	7	6	70	7,50
3,8	5	8	6	76	6,00
4	6	9	6	82	5,00
4,2	5	8	6	88	6,00
4,4	4	7	6	94	7,50
4,6	6	10	8	102	6,67
4,8	7	10	6	108	4,29
5	9	11	4	112	2,22
5,2	7	10	6	118	4,29
16,2	25	37	24	592	4,80
16,4	24	30	12	604	2,50
16,6	27	34	14	618	2,59
16,8	28	35	14	632	2,50
17	30	37	14	646	2,33
17,2	28	35	14	660	2,50
17,4	31	38	14	674	2,26
17,6	30	37	14	688	2,33
17,8	32	40	16	704	2,30
18	35	41	12	716	1,71
18,2	33	40	14	730	2,12
18,4	30	37	14	744	2,33
18,6	32	43	22	766	3,44
18,8	35	45	20	786	2,86
19	38	47	18	804	2,37
19,2	40	47	14	818	1,75
19,4	39	46	14	832	1,79
19,6	40	47	14	846	1,75
19,8	42	50	16	862	1,90
20	42	50	16	878	1,90
20,2	50	60	20	898	2,00
20,4	60	70	20	918	1,67
20,6	70	80	20	938	1,43
20,8	85	95	20	958	1,18
21	110	120	20	978	0,91
21,2	100	110	20	998	1,00
21,4	125	140	30	1.028	1,20
21,6	150	165	30	1.058	1,00
21,8	250	265	30	1.088	0,60

Dari Gambar 3 dan Tabel 2 di atas dapat dianalisis jenis tanahnya, yaitu berdasarkan tabel 1 tentang konsistensi tanah, maka tanah hasil sondir di atas mulai kedalaman 1,2 m sampai dengan 11 m masuk kategori tanahnya lunak, pada kedalaman 11 m sampai kedalaman 18 m termasuk tanah teguh, dan pada kedalaman 18 m ke bawah jenis tanahnya kaku.

Pada Gambar 3 pada grafik FR bila diambil rata-rata pada kedalaman 1 m sampai dengan 11 m, dan nilai conus juga diambil rata-rata pada kedalaman yang sama, lalu kemudian diplot pada grafik pada gambar 1, maka tanah yang diuji sondir masuk dalam katagori tanah lempung berlanau. Sedangkan pada kedalam 11 meter sampai dengan 21 meter nilai FR dan qc ditentukan secara rata-rata, lalu hasilnya diplotkan ke grafik pada gambar 1, maka tanah yang diuji sondir di atas termasuk jenis tanah pasir berlanau.

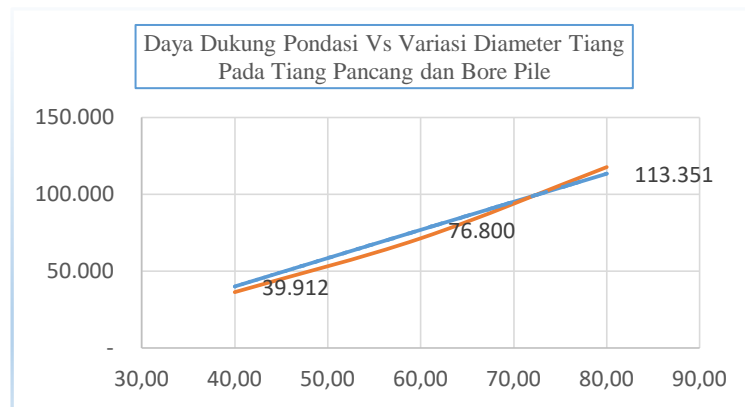
4.4. Hasil Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang dan Bore Pile

Hasil analisis kapasitas dukung pondasi tiang tunggal di titik S-1 dengan panjang tiang/kedalaman tiang 12 meter dan diameter tiangnya bervariasi 40 cm, 60 cm, dan 80 cm seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Kapasitas Dukung Ultimit Pondasi Tiang Tunggal dan Bore Pile

Diameter	Analisa Tiang Pancang			Analisa Bore Pile		
	40	60	80	40	60	80
Qp	11.804,33	26.559,74	47.217,32	22.628,57	50.914,29	90.514,29
Qs	28.107,74	50.240,55	66.133,34	13.577,14	20.365,71	27.154,29
Qu	39.912,07	76.800,29	113.350,66	36.205,71	71.280,00	117.668,57

Pada Tabel 3, kapasitas dukung pondasi berpengaruh terhadap diameter tiang, semakin besar diameter tiang maka semakin besar daya dukung pondasinya, demikian pula dengan nilai daya dukung pada bore pile juga berpengaruh terhadap variasi besarnya diameter tiang semakin besar diameter tiangnya daya dukungnya semakin. Untuk tiang pada diameter tiang 40 cm daya dukung pondasi seberat 39 ton, diameter tiang 60 cm daya dukung pondasinya seberat 76 ton, dan diameter tiang 80 cm daya dukung pondasinya seberat 113 ton, demikian pula untuk pondasi bore pile daya dukungnya hampir mendekati daya dukung tiang pancang sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan Daya Dukung Pondasi terhadap Variasi Diameter Tiang pada Tiang Pancang dan Bore Pile

4.5. Penurunan Pondasi Tiang Pancang dan Bore Pile

Penurunan pondasi terjadi akibat nilai beban yang bekerja dan dipengaruhi oleh diameter, jumlah tiang, formasi kelompok tiang, jenis material tiang, dan jenis material tanah. Penurunan tiang kelompok biasanya lebih besar dibandingkan dengan tiang tunggal. Hal tersebut terjadi disebabkan adanya pengaruh tegangan pada daerah cakupan yang lebih luas dan lebih dalam. Metode yang digunakan pada analisis perhitungan penurunan tiang tunggal adalah metode empiris.

Hasil analisis penurunan tiang tunggal tiang diameter 0,4 m, 0,6 m, 0,8 m, dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Penurunan Tiang Tunggal

Diameter	Penurunan Tiang Pancang			Penurunan Bore Pile		
	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8
Penurunan tiang tunggal	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
Penurunan yang diijinkan	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08
Cek	kritis	aman	aman	kritis	aman	aman

Dari tabel penurunan pondasi diatas dapat dilihat nilai penurunan pondasi tiang tunggal dari data Sondir. Untuk penurunan tiang tunggal dari data Sondir untuk diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m masing-masing nilainya sebesar 0,04 m, 0,04 m, 0,03 m. Penurunan tiang tunggal dari data Sondir sebesar 0,016 m dan dari data SPT sebesar 0,022 m. Nilai penurunan pondasi di atas semua aman setelah dicek penurunan izin pondasi. Untuk penurunan tiang tunggal harus kurang dari 10% x D.

5. SIMPULAN

Berdasarkan analisis kapasitas dukung menggunakan metode Mayerhoff dan penurunan pondasi tiang pancang menggunakan metode Vesic (1977) dengan panjang tiang 12 m dapat diperoleh :

1. Hasil analisis klasifikasi tanah berdasarkan data sondir didapatkan pada kedalaman sampai dengan 11 meter jenis tanahnya adalah lempung kelanauan, dan pada kedalaman 11 meter sampai 21 meter jenis tanahnya masuk katagori tanah pasir kelanauan.
2. Hasil analisis kapasitas dukung pondasi tunggal (Q_u) untuk diameter tiang 0,4 m, 0,6 m, dan 0,8 m berdasarkan data Sondir, baik pondasi tiang pancang maupun pondasi bore pile diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar diameter tiang maka daya dukung tiang semakin meningkat.
3. Penurunan tiang tunggal berdasarkan data Sondir masing-masing diameter diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar diameter tiang akan semakin kecil penurunannya.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 1726 : 2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta.
- Bowles, J. E., 1997, *Foundation Analysis and Design*, Fifth Edition, Washington D.C.
- Dirgananta, Muhammad Fahri. 2018. *Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki & De Alencar, dan Luciano Decourt*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hardiyatmo , H.C. 2010. *Mekanika Tanah 2*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hardiyatmo. H.C., 2019. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hary CH, 2003, *Teknik Pondasi 2, Beta Offset*, Yogyakarta
- Husnah, H. 2015. *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 & 6*. Tugas Akhir. Universitas Abdurrab. Riau.
- Rakit P.N, Aditya. 2007. *Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Jembatan Bantar III*. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sardjono H. S. 1988. *Pondasi Tiang Pancang*. Sinar Wijaya. Surabaya.
- Simalango, Astrya. 2017. *Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga pada Bore Hole II*. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara.
- Sulistia, Ayu Fithrosyam. 2018. *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Meyerhoff*. Tugas Akhir. Universitas Mataram. Nusa Tenggara Barat.
- Vesic, A.S. 1977. *Design of Pile Fondations*. NCHRP Synthesis of Practice No.42. Washington D.c : Transportation Research Board, 68. 92