

ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE MENGGUNAKAN HASIL UJI SONDIR, SPT DAN LABORATORIUM PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN 88 AVENUE SURABAYA

Sunariyono ¹⁾, Isnaniati ²⁾, Dio Alif Hutama ³⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya, 60113
Email: sunariyono1@gmail.com

²⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya, 60113
Email: isnaniati@ft.um-surabaya.ac.id

³⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59 Surabaya, 60113
Email: dioalifhutama@ft.um-surabaya.ac.id

Abstract

The purpose of this study was to calculate and compare the bearing capacity of bored foundation Ø0.6m by using Sondir (CPT) research results and the Standard Penetration Test (SPT) which used laboratory data results. This study will take a case study on the 88 Avenue Apartment Construction Project in Surabaya. In analyzing the carrying capacity of bored foundations can be done in the wrong way by borrowing from field test data and laboratory data. Bored pile size specifications developed Ø0.6m with a length of 15m. The results of the analysis show the ultimate carrying capacity () of bored pile based on Sondir data (Meyerhof Method, 1956) at a depth of 15m. The following: Bored pile Ø0.6m = 238 tons and based on Laboratory data (US Army Corps Method) the following results were obtained: Bored pile Ø0.6m = 215.7 tons. Analysis of the results of the calculation of the ultimate carrying capacity () obtained from the third data, on bored pile Ø0.6m, the ultimate () biggest carrying capacity is generated by SPT data of = 238 tons.

Keywords: Carrying capacity, Bored Pile, CPT, SPT and Laboratory Data

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan perhitungan dan membandingkan daya dukung pondasi bored pile Ø0.6m dengan menggunakan hasil data penyelidikan Sondir (CPT) dan Standart Penetration Test (SPT) berserta menggunakan data hasil laboratorium. Penelitian ini akan mengambil studi kasus pada proyek Pembangunan Apartemen 88 Avenue Kota Surabaya. Dalam menganalisis daya dukung pondasi bored pile dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya dengan pendekatan perhitungan dari data tes lapangan dan data laboratorium. Spesifikasi ukuran bored pile yang dianalisis Ø0.6m dengan panjang 15m. Hasil analisis menunjukkan bahwa daya dukung ultimate (Q_u) bored pile berdasarkan data Sondir (Metode Meyerhof, 1956) pada kedalaman 15m memperoleh hasil sebagai berikut : Bored pile Ø0.6m=235 ton, sedangkan dari perhitungan berdasarkan data SPT (Metode Meyerhof 1976) memperoleh hasil sebagai berikut : Bored pile Ø0.6m=238 ton dan berdasarkan data Laboratorium (Metode U.S Army Corps) memperoleh hasil berikut : Bored pile Ø0.6m=215.7 ton. Analisis dari hasil perhitungan daya dukung ultimate (Q_u) yang didapat berdasarkan dari ketiga data tersebut, pada bored pile Ø0.6m daya dukung ultimate (Q_u) terbesar dihasilkan oleh data SPT sebesar = 238 ton.

Kata kunci : Daya Dukung, Bored Pile, CPT, SPT dan Data Laboratorium

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman, pembangunan di kota Surabaya sudah mulai berkembang tidak hanya terpusat pada perumahan dan gedung sederhana saja, tetapi banyak bangunan besar seperti apartemen, jembatan, menara dan juga hotel. Di daerah perkotaan yang sudah padat penduduknya, dimana keterbatasan lahan yang tersedia biasanya perkembangan bangunan dilakukan kearah vertikal. Salah satu contoh bangunan yang dikembangkan di kota surabaya adalah Pembangunan Apartemen 88 Avenue. Pembangunan apartemen 88 Avenue adalah salah satu proyek bangunan tinggi di surabaya barat, terdiri dari 2 tower apartemen. sehingga bangunan ini pada perencanaan pondasi menggunakan

pondasi dalam/pondasi bored pile. Pondasi bored pile adalah salah satu pondasi yang dikerjakan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian di isi dengan tulangan dan dicor. Untuk itu penulis mencoba mengkonsentrasikan penelitian ini pada analisis perbandingan daya dukung pondasi *bored pile* (pondasi dalam)

Ada tiga metode yang biasa digunakan dalam menentukan kapasitas daya dukung bored pile yaitu dengan menggunakan metode penyelidikan Sondir (CPT), *Standart Penetration Test* (SPT) dan Dari Hasil Uji Laboratorium. Penyelidikan sondir bertujuan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah yang merupakan indikasi dari kekuatan daya

dukung lapis tanah dengan menggunakan rumus empiris, sedangkan penyelidikan *Standart Penetration Test* (SPT) bertujuan untuk mengetahui susunan lapisan tanah pendukung secara visual dan terinci serta posisi kondisi ketinggian air tanah dilokasi penyelidikan tersebut dan untuk Uji Laboratorium bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dan uji mekanik untuk memperoleh nilai sudut geser dan kohesi tanah.

Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang ditinjau pada penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perhitungan daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data Sondir (CPT) menggunakan Metode Meyerhof (1956) dan dari data Standard Penetration Test (SPT) menggunakan Metode Meyerhof (1976) pada Pembangunan Apartemen 88 Avenue Kota Surabaya?
2. Bagaimana perhitungan daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data Laboratorium menggunakan Metode U.S Army Corps pada Pembangunan Apartemen 88 Avenue Kota Surabaya?
3. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data Sondir (CPT), Standard Penetration Test (SPT) dan dari data hasil laboratorium?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini :

1. Untuk mengetahui kapasitas daya dukung pondasi Bored Pile berdasarkan data Sondir (CPT) menggunakan Metode Meyerhof (1956) dan dari data Standard Penetration Test (SPT) menggunakan Metode Meyerhof (1976) pada Pembangunan Apartemen 88 Avenue Kota Surabaya.
2. Untuk mengetahui kapasitas daya dukung pondasi bored Pile berdasarkan data hasil laboratorium menggunakan Metode U.S Army Corps pada Pembangunan Apartemen 88 Avenue Kota Surabaya.
3. Untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data Sondir (CPT), Standard Penetration Test (SPT) dan dari data hasil laboratorium.

Manfaat Penelitian

Penulisan penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Sebagai bahan referensi bagi siapa saja yang membacanya khususnya bagi mahasiswa yang menghadapi masalah yang sama.
2. Penyusun berharap dapat memberikan pemahaman mengenai kapasitas daya dukung pondasi bored pile.

Batasan Penelitian

Untuk menghasilkan pemahaman dalam masalah ini maka diperlukan adanya batasan-batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Hanya ditinjau untuk pondasi bored pile pada konstruksi Proyek Pembangunan Apatemen 88 Avenue Surabaya.
2. Hanya ditinjau untuk menghitung daya dukung pondasi bored pile saja, yaitu menganalisis daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data Sondir (CPT), SPT dan dari data hasil laboratorium pada Proyek Pembangunan Apatemen 88 Avenue Surabaya.
3. Tidak membahas struktur atas.

TINJAUAN PUSTAKA

Pondasi Bored Pile

Pondasi bored pile adalah jenis pondasi dalam yang mempunyai bentuk seperti tabung dan langsing yang digunakan untuk menyalurkan beban pondasi melewati lapisan tanah dengan daya dukung rendah kelapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang relatif cukup dalam dibanding pondasi dangkal. Daya dukung bored pile diperoleh dari daya dukung ujung (end bearing capacity) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (friction bearing capacity) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara bored pile dan tanah disekelilingnya.

Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Dari Data Sondir (Metode Meyerhof, 1956)

Dalam perencanaan pondasi bored pile, data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (bearing capacity) dari bored pile sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimate dari pondasi bored pile. Untuk menghitung daya dukung bored pile berdasarkan data hasil sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhof, 1956.

1. Daya dukung *ultimate* atau daya dukung tanah maksimum sebuah tiang pondasi dirumuskan :

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1)$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Atau daya dukung *ultimate* (ton)

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)

Q_s = Kapasitas tahanan Selimut/skin Resistace (ton)

- Kapasitas tahanan di ujung tiang dirumuskan :

$$Q_b = A_b * f_b \quad (2)$$

Dimana :

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)

A_b = Luas di ujung tiang (m^2)

f_b = Tahanan ujung persatuan (ton/m^2)

Tahanan ujung persatuan luas :

$$f_b = \omega_1 * \omega_2 * q_{ca} \quad (3)$$

Dimana :

f_b = Tahanan ujung persatuan (ton/m^2)

$\omega_1 = [(d + 0.5)/2*d]^n$; Koefisien modifikasi pengaruh skala, jika

$d > 0.5m$, maka $\omega_1 = 1$

$\omega_2 = L/10d$; koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan tanah padat saat $L < 10d$,
Jika $L > 10d$, maka $\omega_2 = 1$

$q_{ca} = q_c$ rata-rata (ton/m^2) pada zona $1d$ di bawah ujung tiang dan $4d$ di atasnya.

d = Diameter tiang (m)

L = Kedalaman penetrasi tiang di dalam lapisan pasir padat (m)

n = Nilai eksponensial [1 untuk pasir longgar ($q_c < 5$ Mpa)], [2 untuk pasir kepadatan sedang (5 Mpa $< q_c < 12$ Mpa)], [3 untuk pasir padat ($q_c > 12$ Mpa)]

- Kapasitas tahanan Selimut/skin Resistace dirumuskan :

$$Q_s = A_s * f_s \quad (4)$$

Dimana :

Q_s = Kapasitas tahanan Selimut/skin Resistace (ton)

A_s = Luas Selimut/skin Resistace tiang (m^2)

f_s = Tahanan Selimut/skin Resistace satuan (ton/m^2)

Untuk pondasi tiang, tahanan Selimut/skin Resistace satuan diambil salah satu dari :

$$f_s = K_f * q_f \quad \text{dengan } K_f = 1 \quad (5)$$

atau, bila tidak dilakukan pengukuran tahanan Selimut/skin resistace sisi konus :

$$f_s = K_c * q_c \quad \text{dengan } K_c = 0.005 \quad (6)$$

Dimana :

f_s = Tahanan Selimut/skin Resistace satuan (ton/m^2)

K_c = Koefisien modifikasi tahanan Selimut/skin Resistace sisi konus.

K_f = Koefisien modifikasi tahanan konus.

q_c = Nilai tahanan konus (kg/cm^2)

Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Dari Data SPT (Metode Meyerhof, 1976)

Uji SPT dilakukan karena sulitnya memperoleh contoh tanah tak terganggu pada tanah granuler. Pada pengujian ini, sifat-sifat tanah pasir ditentukan dari pengukuran kerapatan relatif secara langsung

dilakukan. Pengujian untuk mengetahui nilai kerapatan relatif yang sering digunakan adalah uji penetrasi standart atau disebut uji SPT (*Standart Penetration Test*). Untuk menghitung daya dukung bored pile berdasarkan data hasil SPT dapat dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhof, 1976.

1. Daya dukung ultimate atau daya dukung tanah maksimum sebuah tiang pondasi dirumuskan :

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (7)$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi Atau daya dukung ultimate (ton)

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)

Q_s = Kapasitas tahanan Selimut/skin Resistace (ton)

- Kapasitas tahanan di ujung tiang dirumuskan :

$$Q_b = A_b * f_b \quad (7a)$$

Dimana :

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)

A_b = Luas penampang tiang (m^2)

f_b = Tahanan ujung per satuan tiang (ton/m^2)

- a) Untuk tiang dalam kondisi tanah pasir dan kerikil :
 $f_b = 0.4 * N_{60}' * (L/d) * \sigma_r' \leq 4 * N_{60}' * \sigma_r'$
(ton/m^2) (8)
- b) Untuk tiang dalam kondisi tanah lanau tidak plastis :
 $f_b = 0.4 * N_{60}' * (L/d) * \sigma_r' \leq 3 * N_{60}' * \sigma_r'$
(ton/m^2) (9)

Dimana :

f_b = Tahanan ujung per satuan luas (ton/m^2)

σ_r' = Tegangan referensi = 100 kN/m^2

N_{60}' = N -SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *overburden* (N rata-rata yang dihitung dari $8d$ diatas dasar tiang dan $4d$ dibawah dasar tiang)

L = Kedalaman penetration tiang (m)

d = Diameter tiang (m)

- Kapasitas tahanan selimut / skin resistace dirumuskan :

$$Q_s = A_s * f_s \quad (10)$$

- a) Untuk tanah berpindah besar (Tiang bor) :

$$f_s = \frac{1}{50} * \sigma_r' * N_{60} \quad (ton/m^2) \quad (11)$$

- b) Untuk tanah perpindahan kecil :

$$f_s = \frac{1}{100} * \sigma_r' * N_{60} \quad (ton/m^2) \quad (12)$$

Dimana :

Q_s = Kapasitas tahanan Selimut/skin Resistace (ton)

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

f_s = Tahanan selimut / skin resistance per satuan tiang (ton/m²)
 σ_r' = Tegangan referensi = 100 kN/m²
 N_{60} = Nilai rata-rata dari *SPT (Standart Penetration Test)*

Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Dari Data Hasil Laboratorium (Metode U.S Army Corps)

Selain penyelidikan tanah di lapangan perlu juga dilakukan penelitian tanah di laboratorium untuk menghitung daya dukung tanah yang meliputi uji fisik tanah dan uji mekanik. Uji fisik tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dan uji mekanik untuk memperoleh nilai sudut geser dan kohesi tanah. Uji fisik tanah terdiri dari: uji kadar air (water content), uji berat volume (γ) dan uji berat jenis (specific gravity). Untuk menghitung daya dukung bored pile berdasarkan data hasil Laboratorium dapat dilakukan dengan menggunakan metode **U.S Army Corps**.

1. Daya dukung ultimate atau daya dukung tanah maksimum sebuah tiang pondasi dirumuskan :

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (13)$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi
 Atau daya dukung ultimate (ton)
 Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)
 Q_s = Kapasitas tahanan Selimut/skin Resistace (ton)

a) Kapasitas daya dukung dalam tanah non-kohefif

▪ Kapasitas tahanan ujung tiang (Q_b) :

$$Q_b = A_b * f_b \quad (14)$$

$$f_b = p_v' * N_q \quad (15)$$

Dimana :

Q_b = Tahanan ujung *ultimate* tiang (ton)
 A_b = Luasan penampang ujung bawah tiang (m²)
 f_b = Tahanan ujung satuan tiang
 P_v' = Tegangan vertical efektif (ton/m²)
 N_q = Faktor daya dukung tanah

▪ Kapasitas tahanan selimut/skin resistance (Q_s):

$$Q_s = A_s * f_s \quad (16)$$

$$f_s = K_d * P_v' * \delta \quad (17)$$

Dimana :

Q_s = Kapasitas tahanan selimut/skin resistance (ton)
 A_s = Luas selimut tiang (m²)
 f_s = Tahanan gesek satuan tiang
 K_d = Koefisien tekanan tanah
 P_v' = Tegangan verikal efektif (ton/m²)
 δ = Sudut gesek dinding efektif

Bahan Tiang	δ
Tiang Baja	$0,67 \phi - 0,83 \phi'$
Tiang Beton	$0,90 \phi' - 1,00 \phi'$
Tiang Kayu	$0,80 \phi' - 1,00 \phi'$

Tabel 2. Nilai K_d dan K_t (U.S. Army Corps)

Tanah	K_d (Tiang Tekan)	K_t (Kuat Tarik)
Pasir	1,0 – 2,0	0,5 – 0,7
Lanau	1,0	0,5 – 0,7
Lempung	1,0	0,7 – 1,0

b) Kapasitas daya dukung dalam tanah kohefif

▪ Kapasitas tahanan ujung tiang (Q_b) :

$$Q_b = A_b * f_b \quad (18)$$

$$f_b = C_u * N_c \quad (19)$$

Dimana :

Q_b = Tahanan ujung *ultimate* tiang (Ton)
 A_b = Luas penampang ujung tiang (m²)
 f_b = Tahanan ujung satuan tiang
 C_u = Kohesi pada kondisi tak terdrainase (*undrained*) tanah yang terletak dibawah ujung tiang yang nilainya diambil dari *undisturbed sample* (kN/m²)
 N_c = Faktor kapasitas dukung (fungsi dari ϕ) diambil sama dengan 9 (ton/m²) menurut skempron (Hardiyanto, 2010)

▪ Kapasitas tahanan selimut/skin resistance (Q_s):

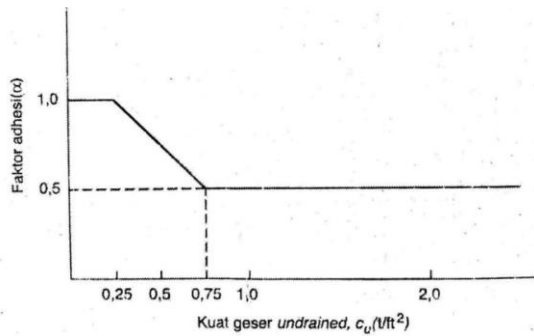
$$Q_s = A_s * f_s \quad (20)$$

$$f_s = C_d = \alpha * C_u \quad (21)$$

Dimana :

Q_s = Kapasitas tahanan selimut/skin resistance (ton)
 A_s = Luas selimut tiang (m²)
 f_s = Tahanan selimut satuan tiang
 C_d = Adhesi (kN/m²)
 C_u = Kohesi pada kondisi tak terdrainase (*undrained*) tanah yang terletak dibawah ujung tiang yang nilainya diambil dari *undisturbed sample* (kN/m²)
 α = Faktor adhesi , Lihat (Gambar 1. Nilai α yang digunakan dalam metode *U.S Army Corps* ($1/t/ft^2 = 105.6$ kPa)

Tabel 1. Nilai-nilai δ (U.S. Army Corps)



Gambar 1. Nilai α yang digunakan dalam metode *U.S Army Corps* ($1 \text{ t/ft}^2 = 105.6 \text{ kPa}$)

Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang (Q_{ijin}), maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimate dengan faktor aman (F_s),. Berikut perumusannya :

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{F_s} \quad \text{atau} \quad Q_{ijin} = \frac{Q_u}{2.5} \quad (22)$$

Dimana :

Q_{ijin} = Kapasitas daya dukung ijin tiang (ton)

Q_u = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi
Atau daya dukung ultimate (ton)

F_s = Faktor aman (*Safety Factor*)

METODE PENELITIAN

Data Teknis

Penelitian ini akan mengambil studi kasus pada proyek Pembangunan Apartemen 88 Avenue Kota Surabaya. Data teknis yang digunakan pada penelitian ini yaitu data Sondir (CPT), SPT (*Standard Penetration Test*) dan data hasil laboratorium.

Data Non Teknis

Data non teknis yang dipakai penulis adalah data dari beberapa referensi seperti : studi literatur dari berbagai buku referensi dan jurnal.

Data Spesifikasi Teknis Bored Pile

1. Ukuran penampang *bored pile* : $\varnothing 0.6\text{m}$
2. Panjang *bored pile* : 15 meter (Untuk semua ukuran penampang *bored pile*)

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di proyek Pembangunan Apartemen 88 Avenue Kota Surabaya.

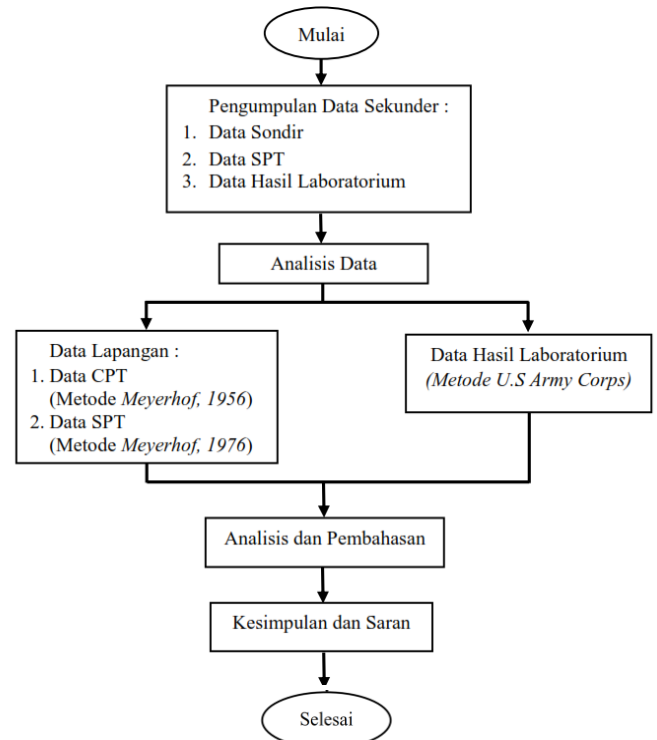


Gambar 2. Lokasi studi kasus
(Jln. Raya Darmo Permai, Kav.88, SBY Barat)

Proses Pengumpulan Dan Pengelolaan Data

1. Mencari data penyelidikan tanah dengan menggunakan hasil data Sondir (CPT) dan SPT (*Standard Penetration Test*) yang sudah ada. Data penyelidikan tanah didapat dari laporan investigasi tanah oleh CV. Sarana Data Persada.
2. Mengolah dan menganalisa data penyelidikan tanah dengan menggunakan metode yang digunakan.
3. Membuat kesimpulan terhadap analisis yang dilakukan.
4. Memberikan saran.

Flow Chart Proses Analisis



Gambar 3. Gambar Flow Chart Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Bored Pile
Berdasarkan Data Sondir (Metode Meyerhof, 1956)

1. Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Bored Pile
Diameter $\varnothing 0.6m$, L (Panjang) = 15m

- Kapasitas tahanan di ujung tiang (Q_b) :

Tabel 3. Pererhitungan tahanan ujung persatuan (f_b) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter (d) m	$\omega 1$	$\omega 2$	qca		fb ton/m ²	Keterangan
					kg/cm ²	ton/m ²		
	A	B	C	D	E	F=E*10	G=C*D*F	H
1	2.00	0.6	1	1	18.62	186.15	186.15	-
2	4.00	0.6	1	1	50.33	503.33	503.33	-
3	6.00	0.6	1	1	54.27	542.67	542.67	-
4	8.00	0.6	1	1	40.53	405.33	405.33	-
5	10.00	0.6	1	1	42.53	425.33	425.33	-
6	12.00	0.6	1	1	47.00	470.00	470.00	-
7	14.00	0.6	1	1	55.53	555.33	555.33	-
8	15.00	0.6	1	1	60.56	605.63	605.63	-

Tabel 4. Perhitungan luas penampang ujung tiang (A_b) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter		π	Ab m ²	Keterangan
		\varnothing	r			
	I	J	K=J/2	L	M=L*K ²	N
1	2.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
2	4.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
3	6.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
4	8.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
5	10.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
6	12.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
7	14.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
8	15.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-

Tabel 5. Perhitungan kapasitas tahanan di ujung tiang (Q_b) :

No	Kedalaman (Z) m	Ab m ²	fb ton/m ²	Qb ton	Keterangan
	O	P	Q	R=P*Q	S
1	2.00	0.28	186.15	52.65	-
2	4.00	0.28	503.33	142.37	-
3	6.00	0.28	542.67	153.50	-
4	8.00	0.28	405.33	114.65	-
5	10.00	0.28	425.33	120.31	-
6	12.00	0.28	470.00	132.94	-
7	14.00	0.28	555.33	157.08	-
8	15.00	0.28	605.63	171.31	-

- Kapasitas tahanan selimut/skin resistace (Q_s) :

Tabel 6. Perhitungan tahanan selimut persatuan (f_s) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter (d) m	kc	qc		fs ton/m ²	Keterangan
				kg/cm ²	ton/m ²		
	A1	B1	C1	D1	E1=D1*10	F1=C1*E1	G1
1	2.00	0.6	0.005	14.80	148.00	0.74	-
2	4.00	0.6	0.005	32.75	327.50	1.64	-
3	6.00	0.6	0.005	40.53	405.33	2.03	-
4	8.00	0.6	0.005	40.70	407.00	2.04	-
5	10.00	0.6	0.005	41.04	410.40	2.05	-
6	12.00	0.6	0.005	41.88	418.83	2.09	-
7	14.00	0.6	0.005	43.81	438.14	2.19	-
8	15.00	0.6	0.005	45.04	450.40	2.25	-

Tabel 7. Perhitungan luas selimut tiang (A_s) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter		π	As m ²	Keterangan
		\varnothing	r			
	H1	I1	J1=I1/2	K1	L1=2*K1*J1*H1	M1
1	2.00	0.6	0.3	3.14	3.77	-
2	4.00	0.6	0.3	3.14	7.54	-
3	6.00	0.6	0.3	3.14	11.31	-
4	8.00	0.6	0.3	3.14	15.09	-
5	10.00	0.6	0.3	3.14	18.86	-
6	12.00	0.6	0.3	3.14	22.63	-
7	14.00	0.6	0.3	3.14	26.40	-
8	15.00	0.6	0.3	3.14	28.29	-

Tabel 8. Perhitungan kapasitas tahanan selimut tiang (Q_s) :

No	Kedalaman (Z) m	As m ²	fs ton/m ²	Qs ton
	N1	O1	P1	Q1=O1*P1
1	2.00	3.77	0.74	2.79
2	4.00	7.54	1.64	12.35
3	6.00	11.31	2.03	22.93
4	8.00	15.09	2.04	30.70
5	10.00	18.86	2.05	38.69
6	12.00	22.63	2.09	47.39
7	14.00	26.40	2.19	57.83
8	15.00	28.29	2.25	63.70

- Kapasitas daya dukung ultimate bored pile $\varnothing 0.6m$ (Q_u) :

Tabel 9. Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate (Q_u) :

No	Kedalaman (Z) m	Qb ton	Qs ton	Qu ton
	A2	B2	C2	D2=B2+C2
1	2.00	52.65	2.79	55.45
2	4.00	142.37	12.35	154.72
3	6.00	153.50	22.93	176.43
4	8.00	114.65	30.70	145.35
5	10.00	120.31	38.69	159.00
6	12.00	132.94	47.39	180.33
7	14.00	157.08	57.83	214.91
8	15.00	171.31	63.70	235.00

- Kapasitas daya dukung ijin bored pile $\varnothing 0.6m$, untuk safety factor (F_s) = 2.5 (Q_{ijin}) :

Tabel 10. Perhitungan kapasitas daya dukung ijin (Q_{ijin})

No	Kedalaman (Z) m	Qu ton	Fs (Safety Factor)	Qijin ton
	A3	B3	C3	D3=B3/C3
1	2.00	55.45	2.50	22.18
2	4.00	154.72	2.50	61.89
3	6.00	176.43	2.50	70.57
4	8.00	145.35	2.50	58.14
5	10.00	159.00	2.50	63.60
6	12.00	180.33	2.50	72.13
7	14.00	214.91	2.50	85.97
8	15.00	235.00	2.50	94.00

Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan Data Sondir (Metode Meyerhof, 1956)

- Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Diameter $\varnothing 0.6m$, L (Panjang) = 15m

- Kapasitas tahanan di ujung tiang (Q_b) :

Tabel 11. Perhitungan tahanan ujung persatuan (f_b) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter (d) m	N _{60'}	σ' _r	fb	
					ton/m ²	ton/m ²
	A	B	C	D	E=[0.4*C*(A/B)*D]/10	F=(3*C*D)/10
1	2.00	0.6	13.50	100	180.00	< 405
2	4.00	0.6	13.00	100	346.67	< 390
3	6.00	0.6	11.75	100	470.00	> 353
4	8.00	0.6	11.25	100	600.00	> 338
5	10.00	0.6	10.25	100	683.33	> 308
6	12.00	0.6	10.50	100	840.00	> 315
7	14.00	0.6	17.75	100	1,656.67	> 533
8	15.00	0.6	20.33	100	2,033.33	> 610

Tabel 12. Perhitungan luas penampang ujung tiang (A_b) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter		π	Ab m ²	Keterangan
		φ	r			
	J	K	L=K/2	M	N=M*L ²	O
1	2.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
2	4.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
3	6.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
4	8.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
5	10.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
6	12.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
7	14.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
8	15.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-

Tabel 13. Perhitungan kapasitas tahanan di ujung tiang (Q_b) :

No	Kedalaman (Z) m	Ab m ²	fb ton/m ²	Qb ton	Keterangan
	P	Q	R	S=Q*R	T
1	2.00	0.28	180.00	50.91	-
2	4.00	0.28	346.67	98.06	-
3	6.00	0.28	352.50	99.71	-
4	8.00	0.28	337.50	95.46	-
5	10.00	0.28	307.50	86.98	-
6	12.00	0.28	315.00	89.10	-
7	14.00	0.28	532.50	150.62	-
8	15.00	0.28	610.00	172.54	-

- Kapasitas tahanan selimut/skin resistance (Q_s) :

Tabel 14. Perhitungan tahanan selimut persatuan (f_s) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter (d) m	N ₆₀	σ' _r kN	f _s ton/m ²	Keterangan
	A1	B1	C1	D1	E1=(1/50)*D1*C1/10	F1
1	2.00	0.6	12.00	100	2.40	-
2	4.00	0.6	13.50	100	2.70	-
3	6.00	0.6	13.00	100	2.60	-
4	8.00	0.6	11.75	100	2.35	-
5	10.00	0.6	11.40	100	2.28	-
6	12.00	0.6	11.33	100	2.27	-
7	14.00	0.6	11.57	100	2.31	-
8	15.00	0.6	11.57	100	2.31	-

Tabel 15. Perhitungan luas selimut tiang (A_s) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter		π	As m ²	Keterangan
		φ	r			
	G1	H1	I1=H1/2	J1	K1=2*J1*I1*G1	L1
1	2.00	0.6	0.3	3.14	3.77	-
2	4.00	0.6	0.3	3.14	7.54	-
3	6.00	0.6	0.3	3.14	11.31	-
4	8.00	0.6	0.3	3.14	15.09	-
5	10.00	0.6	0.3	3.14	18.86	-
6	12.00	0.6	0.3	3.14	22.63	-
7	14.00	0.6	0.3	3.14	26.40	-
8	15.00	0.6	0.3	3.14	28.29	-

Tabel 16. Perhitungan kapasitas tahanan selimut tiang (Q_s) :

No	Kedalaman (Z) m	As m ²	f _s ton/m ²	Q _s ton
	M1	N1	O1	P1=N1*O1
1	2.00	3.77	2.40	9.05
2	4.00	7.54	2.70	20.37
3	6.00	11.31	2.60	29.42
4	8.00	15.09	2.35	35.45
5	10.00	18.86	2.28	42.99
6	12.00	22.63	2.27	51.29
7	14.00	26.40	2.31	61.10
8	15.00	28.29	2.31	65.46

- Kapasitas daya dukung ultimate bored pile $\varnothing 0.6m$ (Q_u) :

Tabel 17. Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate (Q_u) :

No	Kedalaman (Z) m	Q _b ton	Q _s ton	Q _u ton
	A2	B2	C2	D2=B2+C2
1	2.00	50.91	9.05	59.97
2	4.00	98.06	20.37	118.42
3	6.00	99.71	29.42	129.12
4	8.00	95.46	35.45	130.92
5	10.00	86.98	42.99	129.97
6	12.00	89.10	51.29	140.39
7	14.00	150.62	61.10	211.72
8	15.00	172.54	65.46	238.00

- Kapasitas daya dukung ijin bored pile $\varnothing 0.6m$, untuk safety factor (Fs) = 2.5 (Q_{ijin}) :

Tabel 18. Perhitungan kapasitas daya dukung ijin (Q_{ijin})

No	Kedalaman (Z) m	Q _u ton	Fs (Safety Factor)	Q _{ijin} ton
	A3	B3	C3	D3=B3/C3
1	2.00	59.97	2.50	23.99
2	4.00	118.42	2.50	47.37
3	6.00	129.12	2.50	51.65
4	8.00	130.92	2.50	52.37
5	10.00	129.97	2.50	51.99
6	12.00	140.39	2.50	56.16
7	14.00	211.72	2.50	84.69
8	15.00	238.00	2.50	95.20

Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan Data Laboratorium (Metode U.S Army Corps)

- Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Diameter $\varnothing 0.6m$, L (Panjang) = 15m

- Kapasitas tahanan di ujung tiang (Q_b) :

Tabel 19. Perhitungan tahanan ujung persatuan (f_b) :

No	Kedalaman (Z) m	Cu		N _c	P _{v'} ton/m ²	N _q	f _b (Non Kohesif) ton/m ²	f _b (Kohesif) ton/m ²
		kPa	ton					
	A	B	C=B/10	D	D1	D2	E=D1*D2	F=C*D
1	2.00	-	-	-	1.56	4	6.24	-
2	4.00	-	-	-	3.12	4	12.48	-
3	6.00	112	11.20	9	4.76	-	-	100.80
4	8.00	129	12.90	9	6.40	-	-	116.10
5	10.00	105	10.50	9	7.70	-	-	94.50
6	12.00	148	14.80	9	9.00	-	-	133.20
7	14.00	175	17.50	9	10.44	-	-	157.50
8	15.00	207	20.70	9	11.88	-	-	186.30

Tabel 20. Perhitungan luas penampang ujung tiang (A_b) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter		π	A _b m ²	Keterangan
		\varnothing	r			
	G	H	I=H/2	J	K=J*I ²	L
1	2.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
2	4.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
3	6.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
4	8.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
5	10.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
6	12.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
7	14.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-
8	15.00	0.6	0.3	3.14	0.28	-

Tabel 21. Perhitungan kapasitas tahanan di ujung tiang (Q_b) :

No	Kedalaman (Z) m	A _b ton	f _b ton/m ²	Q _b ton	Keterangan
	M	N=K	O=E	P=N*O	Q
1	2.00	0.28	6.24	1.77	-
2	4.00	0.28	12.48	3.53	-
3	6.00	0.28	100.80	28.51	-
4	8.00	0.28	116.10	32.84	-
5	10.00	0.28	94.50	26.73	-
6	12.00	0.28	133.20	37.68	-
7	14.00	0.28	157.50	44.55	-
8	15.00	0.28	186.30	52.70	-

- Kapasitas tahanan selimut/skin resistance (Q_s) :

Tabel 22. Perhitungan tahanan selimut persatuan (f_s) :

No	Kedalaman (Z) m	Panjang (L) m	K _d	P _{v'} ton/m ²	δ (^o)	α	C _u		f _s (Non Kohesif) ton/m ²	f _s (Kohesif) ton/m ²
							kPa	ton		
	A0	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1=F1/10	H1=B1*C1*(tg D1)	I1=E1*G1
1	2.00	2.00	1.5	1.56	11.14	0	0	0	0.46	-
2	4.00	2.00	1.5	3.12	11.14	0	0	0	0.92	-
3	6.00	2.00	-	4.76	-	0.5	120.50	12.05	-	6.03
4	8.00	2.00	-	6.40	-	0.5	120.50	12.05	-	6.03
5	10.00	2.00	-	7.70	-	0.5	142.66	14.27	-	7.13
6	12.00	2.00	-	9.00	-	0.5	142.66	14.27	-	7.13
7	14.00	2.00	-	10.44	-	0.5	207.00	20.70	-	10.35
8	15.00	1.00	-	11.88	-	0.5	207.00	20.70	-	10.35

Tabel 23. Perhitungan luas selimut tiang (A_s) :

No	Kedalaman (Z) m	Diameter		π	Panjang (L) m	A _s m ²
		\varnothing	r			
	J1	K1	L1=K1/2	M1	N1	O1=2*M1*L1*N1
1	2.00	0.6	0.3	3.14	2.00	3.77
2	4.00	0.6	0.3	3.14	2.00	3.77
3	6.00	0.6	0.3	3.14	2.00	3.77
4	8.00	0.6	0.3	3.14	2.00	3.77
5	10.00	0.6	0.3	3.14	2.00	3.77
6	12.00	0.6	0.3	3.14	2.00	3.77
7	14.00	0.6	0.3	3.14	2.00	3.77
8	15.00	0.6	0.3	3.14	1.00	1.89

Tabel 24. Perhitungan kapasitas tahanan selimut tiang (Q_s) :

No	Kedalaman (Z) m	As m ²	fs ton/m ²	Qs ton	Qs ton	Qs ton	Qs ton
	P1	Q1	R1	S1=Q1*R1	T1=(Q1*R1)+S1	U1=(Q1*R1)+T1	V1=(Q1*R1)+U1
1	2.00	3.77	0.46	1.74	-	-	-
2	4.00	3.77	0.92	-	5.21	-	-
3	6.00	3.77	6.03	-	-	27.94	-
4	8.00	3.77	6.03	-	-	-	50.66

No	Kedalaman (Z) m	As m ²	fs ton/m ²	Qs ton	Qs ton	Qs ton	Qs ton
	W1	X1	Y1	Z1=(X1*Y1)+V1	A01=(X1*Y1)+Z1	B01=(X1*Y1)+A01	C01=(X1*Y1)+B01
5	10.00	3.77	7.13	77.56	-	-	-
6	12.00	3.77	7.13	-	104.46	-	-
7	14.00	3.77	10.35	-	-	143.50	-
8	15.00	1.89	10.35	-	-	-	163

- Kapasitas daya dukung ultimate bored pile Ø0.6m (Q_u) :

Tabel 25. Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate (Q_u) :

No	Kedalaman (Z) m	Qb ton	Qs ton	Qu ton
	A2	B2	C2	D2=B2+C2
1	2.00	1.77	1.74	3.50
2	4.00	3.53	5.21	8.74
3	6.00	28.51	27.94	56.45
4	8.00	32.84	50.66	83.50
5	10.00	26.73	77.56	104.29
6	12.00	37.68	104.46	142.14
7	14.00	44.55	143.50	188.05
8	15.00	52.70	163	215.7

- Kapasitas daya dukung ijin bored pile Ø0.6m, untuk safety factor (Fs) = 2.5 (Q_{ijin}) :

Tabel 26. Perhitungan kapasitas daya dukung ijin (Q_{ijin})

No	Kedalaman (Z) m	Qu ton	Fs (Safety Factor)	Qijin ton
	A3	B3	C3	D3=B3/C3
1	2.00	3.50	2.50	1.40
2	4.00	8.74	2.50	3.50
3	6.00	56.45	2.50	22.58
4	8.00	83.50	2.50	33.40
5	10.00	104.29	2.50	41.72
6	12.00	142.14	2.50	56.86
7	14.00	188.05	2.50	75.22
8	15.00	215.71	2.50	86.28

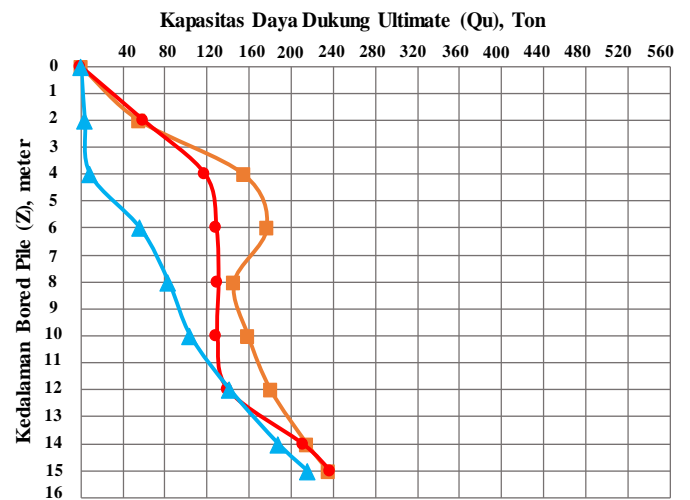
4.5. Pembahasan

Perbandingan hasil perhitungan kapasitas daya dukung bored pile Ø0.6m dengan menggunakan ketiga data yaitu data Sondir (Meyerhof, 1956), SPT (Meyerhof, 1976) & Laboratorium (U.S Army Corps) bisa lihat di Tabel 27. Rekap perbandingan hasil perhitungan kapasitas daya dukung Ultimate

(Q_u) & (Q_{ijin}) bored pile Ø.6m dengan menggunakan data Sondir, SPT & Laboratorium.

Tabel 27. Rekap perbandingan hasil perhitungan kapasitas daya dukung Ultimate (Q_u) & (Q_{ijin}) bored pile Ø.6m dengan menggunakan data Sondir, SPT & Laboratorium

No	Data & Metode m	Kedalaman (Z) m	Bored Pile Ø0.60 meter	
			Kapasitas Daya Dukung Ultimate (Q_u) ton	Kapasitas Daya Dukung Ijin (Q_{ijin}) ton
1	Berdasarkan Data Sondir (CPT), Meyerhof (1956)	2.00	55.45	22.18
		4.00	154.72	61.89
		6.00	176.43	70.57
		8.00	145.35	58.14
		10.00	159.00	63.60
		12.00	180.33	72.13
		14.00	214.91	85.97
		15.00	235.00	94.00
2	Berdasarkan Data SPT, Meyerhof (1976)	2.00	59.97	23.99
		4.00	118.42	47.37
		6.00	129.12	51.65
		8.00	130.92	52.37
		10.00	129.97	51.99
		12.00	140.39	56.16
		14.00	211.72	84.69
		15.00	238.00	95.20
3	Berdasarkan Data Laboratorium, U.S Army Corps	2.00	3.50	1.40
		4.00	8.74	3.50
		6.00	56.45	22.58
		8.00	83.50	33.40
		10.00	104.29	41.72
		12.00	142.14	56.86
		14.00	188.05	75.22
		15.00	215.71	86.28



Keterangan :

- : Berdasarkan Data Sondir (Meyerhof, 1956)
- : Berdasarkan Data SPT (Meyerhof, 1976)
- ▲— : Berdasarkan Data Laboratorium (U.S Army Corps)

Gambar 4. Grafik perbandingan hasil analisis **daya dukung ultimate (Q_u)** dari data Sondir, SPT dan Laboratorium pada *bored pile* $\varnothing 0.60m$.

Pada grafik gambar 4.18. memperlihatkan perbedaan nilai daya dukung *ultimate* (Q_u) *bored pile* $\varnothing 0.60$ m yang telah dihasilkan dari perhitungan berdasarkan ketiga data/metode tersebut, sehingga bisa dibandingkan antara nilai yang terbesar hingga terkecil, untuk nilai daya dukung *ultimate* (Q_u) terbesar terdapat pada hasil perhitungan berdasarkan data sondir (Metode *Meyerhof, 1956*) sedangkan yang terkecil dihasilkan pada perhitungan berdasarkan data laboratorium (Metode *U.S Army Corps*).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas daya dukung *bored pile* pada Proyek Pembangunan Apartemen 88 Avenue Surabaya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari perhitungan kapasitas daya dukung *bored pile* $\varnothing 0.60m$ pada kedalaman (Z) 2 meter s.d 15 meter dengan menggunakan data sondir (Metode *Meyerhof, 1956*) dan data SPT (Metode *Meyerhof, 1976*) didapat hasil/nilai kapasitas daya dukung *ultimate* (Q_u) sebagai berikut :

- Berdasarkan data sondir (Metode *Meyerhof, 1956*)

Diameter Bored Pile (\varnothing) m	Kedalaman (Z) m	Nilai Q_u ton
Ø0.60	2	55.45
	4	154.72
	6	176.43
	8	145.35
	10	159.00
	12	180.33
	14	214.91
	15	235.00

- Berdasarkan data SPT (Metode *Meyerhof, 1976*)

Diameter Bored Pile (\varnothing) m	Kedalaman (Z) m	Nilai Q_u ton
Ø0.60	2	59.97
	4	118.42
	6	129.12
	8	130.92
	10	129.97
	12	140.39
	14	211.72
	15	238.00

2. Sedangkan perhitungan kapasitas daya dukung *bored pile* $\varnothing 0.60m$ pada kedalaman (Z) 2 meter s.d 15 meter dengan menggunakan data laboratorium (Metode *U.S Army Corps*) didapat hasil/nilai kapasitas daya dukung *ultimate* (Q_u) sebagai berikut :

Diameter Bored Pile (\varnothing) m	Kedalaman (Z) m	Nilai Q_u ton
Ø0.60	2	3.50
	4	8.74
	6	56.45
	8	83.50
	10	104.29
	12	142.14
	14	188.05
	15	215.71

3. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tabel 27. dapat diketahui nilai perbandingan daya dukung pondasi *bored pile* $\varnothing 0.6m$ yang terbesar hingga terkecil dari ketiga data/metode yaitu data sondir (Metode *Meyerhof, 1956*), SPT (Metode *Meyerhof, 1976*) dan Laboratorium (Metode *U.S Army Corps*). Di kedalaman (Z) 2m terlihat nilai daya dukung *ultimate* (Q_u) yang terbesar dihasilkan oleh perhitungan berdasarkan data SPT (Metode *Meyerhof, 1976*), tetapi pada kedalaman (Z) 4m s.d 14m yang terbesar dihasilkan oleh perhitungan berdasarkan data sondir (Metode *Meyerhof, 1956*), sedangkan pada kedalaman (Z) 15m daya dukung *ultimate* terbesar dihasilkan oleh perhitungan berdasarkan data SPT (Metode *Meyerhof, 1976*).

DAFTAR PUSTAKA

Amoria Andayana., 2016, Analisis Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Uji SPT Dan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Alat HSPD 120 T, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

Bowlesh, J. E., 1991, Analisa Dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1, Jakarta.

Das, Braja M, 1998, Mekanika Tanah, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Hardiyatmo, H. C., 2013, Teknik Fondasi, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Hardiyatno, H. C., 2011, Analisis dan Perencanaan Fondasi I, Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Pompina Manullang., 2014, Studi Daya Dukung Pondasi Tiang Berdasarkan Data SPT Dan PDA Test Pada Konstruksi Tangki Minyak, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

Sosarodarsono, S. dan Nakazawa, K., 1983, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Tirta Puteri Ayu., 2018, Perbandingan Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Cara Statis Dengan Cara Dinamis Pada Proyek Jalan Pendekat Jembatan Mahakam IV Sisi Samarinda Kota, Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda.

Ulfa Jusi., 2015, Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standart Penetration Test), STT Pekanbaru, Riau.