

**PERBANDINGAN NILAI DAYA DUKUNG PONDASI BORE
PILE MENGGUNAKAN HASIL UJI SONDIR DAN SPT PADA
PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN ARANAWAY
KABUPATEN BANJAR**

Akhmad Gazali, Fathurrahman, Muhammad Rego Ariswandy

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan
Muhammad Arsyad Al Banjari*

*Email: akhmadgazali51@gmail.com; fathurrahman221273@gmail.com;
goariswandy@gmail.com*

ABSTRACT

Soil bearing capacity is very important in building infrastructure that affects the pavement layer above it, as it is the subgrade that will support the loading. Therefore, soil is the most important aspect as the main support in civil engineering building structures. The purpose of this study is to determine the comparison of Bore Pile bearing capacity analysis according to soil investigation data in the form of Sondir (CPT) and Machine Drill (SPT) with two methods, namely the Mayerhoff and Aoki & De Alencer methods in the construction of the Aranaway Bridge. After calculating with Aoki & De Alencer, the ultimate carrying capacity is 137.47 tons (CPT 1) and 113.83 tons (CPT 2). While the calculation with Mayerhoff with the results of the ultimate bearing capacity of 258.12 tons (SPT 1) and 200.04 tons (SPT 2). According to the calculation, it is also obtained a comparison of the bore pile permit bearing capacity for Aoki & De Alencer of 68.74 tons and 57.42 tons on Sondir data, while for the Mayerhoff method of 86.04 tons and 66.68 tons on SPT data. So it is concluded that the value of the allowable carrying capacity of the two methods, the difference is not significant.

Keywords : Bearing Capacity, Bored Pile, Sondir, SPT

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan elemen penting untuk bangunan dalam menahan struktur beban di atasnya, sehingga tanah diharapkan memiliki daya dukung dan sifat yang mampu dalam mendukung beban yang dipikulnya. Fungsi utama tanah adalah menopang pondasi dari bangunan. Jenis suatu tanah adalah jenis tanah lempung dan tanah lunak.

Daya dukung tanah adalah dasar pada prasarana yang mempengaruhi lapisan perkerasan yang terletak di atasnya, karena tanah dasar itulah yang akan menopang beban. Oleh karena itu, tanah merupakan aspek terpenting sebagai penopang utama dalam struktur bangunan sipil. Namun tidak semua jenis tanah dapat langsung digunakan karena sifat-sifat tanah tertentu tidak cocok sebagai subgrade untuk konstruksi. Maka syarat tanah dasar yang digunakan sebagai tanah dasar adalah mampu mengantisipasi beban dengan berbagai kondisi.

Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2015), bagian struktur paling rendah dari bangunan konstruksi dan berfungsi dalam menahaan beban konstruksi ke tanah/bantuan dibawahnya merupakan pengertian dari pondasi. Ada 2 jenis klasifikasi pondasi berdasarkan kedalamannya, yaitu (a) pondasi dalam dan (b) pondasi dangkal. Dalam penelitian ini, pondasi bore pile tergolong dalam pondasi dalam.

Pondasi Bore Pile merupakan pondasi yang menyerupai tabung dan secara teknis cocok digunakan pada bangunan jembatan tersebut, karena pondasi ini dalam pelaksanaan pemancangannya tidak menimbulkan kebisingan dan getarannya relatif kecil sehingga tidak mempengaruhi bangunan di sekitarnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kapasitas Dukung Pondasi Bore Pile Menggunakan Data SPT

Adapun dalam analisis pondasi ini menggunakan data SPT dengan metode Mayerhoff (1976) sebagai berikut:

- 1) Daya dukung ultimate dirumuskan :

$$Q_p = 40 \times N_b \times A_p \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

N_b = Rata-rata nilai SPT pada elevasi pondasi *bore pile*

N_1 = Data SPT (dihitung 4D dari tiang bagian ujung sampai bagian bawah)

N_2 = Data SPT (dihitung 8D dari tiang bagian ujung sampai bagian atas)

A_p = Luasan dimensi tiang (m^2)

2) Tanah yang kohesif memiliki persamaan :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \dots\dots\dots(2)$$

$$C_u = N_{spt} \times \frac{2}{3} \times 10 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

N_{spt} = Rata - rata nilai SPT dari 10.D s.d 4.D

C_u = Kuat geser tak terdrainase

Q_p = Dukung pada ujung bagian tiang (ton)

d = Diameter bagian tiang (m)

L = Panjang bagian tiang (m)

3) Keofisien tahan gesek bagian tiang :

$$Q_s = 0,2 \times N_{-spt} \times A_s \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

N_{-spt} = Rata-rata SPT sepanjang bagian tiang

A_s = Luasan selimut bagian tiang

Sedangkan pada tanah non kohesif diperoleh dari persamaan berikut ini :

$$Q_p = \alpha \times C_u \times P \times L_i \dots\dots\dots(5)$$

L_i = Total lapisan tanah (m)

P = Keliling bagian tiang (m)

Q_s = Dukung selimut bagian tiang (ton)

α = Nilai adhesi ($\alpha = 0,55$)

C_u = Kohesi tanah (ton/m^2)

Kapasitas Dukung Bore Pile (Data Soundering)

Adapun analisis pondasi ini menggunakan data uji Sondir dengan metode Aoki & De Alencer sebagai berikut :

$$Q_u = q_b \cdot A_b \text{ (kg)} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas aksial ultimit bagian tiang

q_b = Kapasitas terhitung di ujung bagian tiang per satuan luas

A_b = Luasan ujung bagian tiang

Aoki & Alencer memperkirakan kapasitas ujung per satuan luasan (q_b) menggunakan data CPT :

$$q_b = \frac{Q_{ca}^{(base)}}{F_b} \dots\dots\dots(7)$$

Di mana:

$Q_{ca}^{(base)}$ = Rata - rata nilai konus 1,5D di atas ujung bagian tiang & 1,5D dibawah

Ujung bagian tiang.

F_b = Faktor nilai empirik sesuai tipe tanah

Tabel 1. Faktor Nilai Emperik F_b & F_s .

Tipe Material Tiang	F_b	F_s
Baja	1,75	3,50
Tiang Bor	3,50	7,00
Beton Pra tekan	1,75	3,50

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek Jl. Desa Kiram, Kecamatan Karang Intan, Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan, Indonesia.

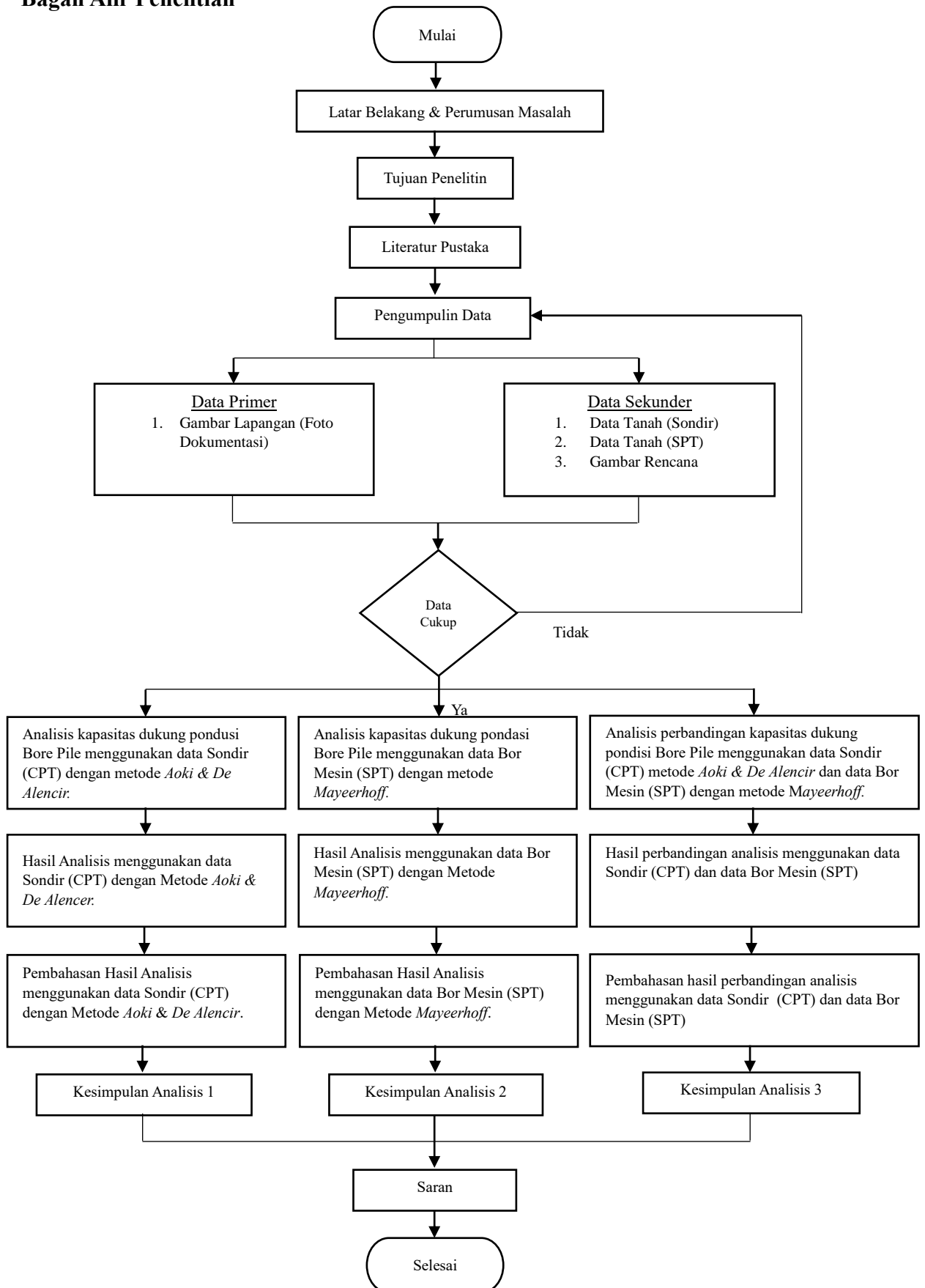


Gambar 1. Lokasi Penelitian Jembatan Aranaway.

Metode Pengumpulan Data

- a. Observasi dilakukan untuk memperoleh data teknis Bore Pile langsung di lokasi penelitian yaitu pada Jembatan Aranaway Kab.Banjar.
- b. Pengambilan data pada bulan November 2022. Diperoleh data:
 - Data uji penyelidikan tanah berupa Sondir (CPT) dan Bor Mesin (SPT)
 - Gambar Rencana
- c. Pengambilan data primer & sekunder ini yaitu dengan mendatangi proyek tersebut dan mewawancarai para konsultan yang bekerja untuk mendapatkan data yang berupa data Primer dan Sekunder.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan alir penelitian


4. HASIL & PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Unuk mengetahui hasil analisis kapasitas *Bore Pile* menggunakan data CPT dengan Aoki & De Alencer dan data Bor Mesin (SPT) metode Mayerhoff.

Analisis Kapasitas Dukung Bore Pile Menggunakan data Sondir 1 (CPT 1)

Tabel 2. Data CPT Pada Titik 1 (CPT 1)

	Kedalaman Qonus (meter)	Perlawanan Qonus (kg/cm ²)
 DATA SONDIR	0,2	15
	0,4	15
	0,6	15
	0,8	15
	1	5
	1,2	5
	1,4	5
	1,6	5
	1,8	40
	2	45
	2,2	45
	2,4	45
	2,6	20
	2,8	20
	3	10
	3,2	10
	3,4	10
	3,6	5
	3,8	5
	4	20
	4,2	20
	4,4	20
	4,6	40
	4,8	40
5	40	
5,2	40	
5,4	100	
5,6	100	
5,8	100	
6	250	

Perhitungan analisis dukung *Bore Pile* dengan Aoki, De Alencer pada titik CPT 1 (CPT 1). Selanjutnya dilakukan analisis pondasi bore pile dengan kedalaman sebesar 6,0 meter (sesuai kedalaman lapisan tanah keras):

Data Pondasi *Bore Pile* :

$$\begin{aligned} \text{Diameter (D)} &= 80 \text{ cm} \\ \text{Keliling (As)} &= 3,14 \times 80 \text{ cm} = 251,2 \text{ cm} \\ &= 2,512 \text{ m} \\ \text{Luasan (A}_p) &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 80^2 \\ &= 5024 \text{ cm}^2 \\ Q_{ca} &= 1,5 \times D \\ &= 1,5 \times 80 = 120 \text{ cm} \\ &= 1,2 \text{ m} \\ \text{Ujung Tiang} &= 6,0 \text{ m} - 1,2 \text{ m} \\ &= 4,8 \text{ m} \end{aligned}$$

(1) Nilai q_{ca} (diambil berdasarkan rata-rata) :

$$\begin{aligned} q_{ca} &= \frac{40+40+40+100+100+250}{7} \\ &= 95,714 \text{ kg/cm}^2 = 0,095714 \text{ ton/cm}^2 \end{aligned}$$

(2) Nilai kapasitas ujung (q_b) :

$$\begin{aligned} q_b &= \frac{q_{ca} \text{ (base)}}{F_b} \text{ (nilai } F_b \text{ bore pile} = 3,5) \\ q_b &= \frac{95,714}{3,5} = 27,347 \text{ kg/cm}^2 = 0,027347 \text{ ton/cm}^2 \end{aligned}$$

(3) Nilai kapasitas daya dukung ultimit (Q_{ult}) :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= q_b \times A_b \\ Q_{ult} &= 27,347 \times 5024 \\ &= 137473,369 \text{ kg} \\ &= 137,473 \text{ ton} \end{aligned}$$

(4) Nilai kapasitas daya dukung ijin (Q_a) :

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{137,473}{2} = 68,74 \text{ ton} \end{aligned}$$

Analisis Kapasitas Dukung Bore Pile Menggunakan Data Sondir 2 (CPT 2)

Tabel 3. Data CPT Pada Titik 2 (CPT 2)

	Kedalaman Qonus (meter)	Perlawanan Qonus (kg/cm ²)
	DATA SONDIR	0,2
0,4		0
0,6		2
0,8		4
1		10
1,2		10
1,4		10
1,6		10
1,8		10
2		5
2,2		5
2,4		5
2,6		20
2,8		20
3		5
3,2		5
3,4		5
3,6		5
3,8		5
4		45
4,2		45
4,4		45
4,6		45
4,8		45
5		40
5,2		40
5,4		40
5,6		45
5,8	45	
6	70	
6,2	70	
6,4	250	

Perhitungan analisis dukung *Bore Pile* dengan Aoki, De Alencer pada titik CPT 2 (CPT 2). Selanjutnya dilakukan analisis pondasi bore pile dengan kedalaman sebesar 6,4 meter (sesuai kedalaman lapisan tanah keras):

Data Pondasi *Bore Pile* :

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TAHUN X
Banjarmasin, 28 Oktober 2023
ISSN-P : 2775-9653 ISSN-O : 2459-9964

$$\begin{aligned}\text{Diameter (D)} &= 80 \text{ cm} \\ \text{Keliling (As)} &= 3,14 \times 80 \text{ cm} = 251,2 \text{ cm} \\ &= 2,512 \text{ m} \\ \text{Luasan (A}_p) &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 80^2 \\ &= 5024 \text{ cm}^2 \\ Q_{ca} &= 1,5 \times D \\ &= 1,5 \times 80 \\ &= 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m} \\ \text{Ujung Tiang} &= 6,4 \text{ m} - 1,2 \text{ m} \\ &= 5,2 \text{ m}\end{aligned}$$

(1) Nilai q_{ca} (diambil rata-rata) :

$$\begin{aligned}q_{ca} &= \frac{40+40+45+45+70+70+250}{7} \\ &= 80 \text{ kg/cm}^2 = 0,08 \text{ ton/cm}^2\end{aligned}$$

(2) Nilai kapasitas daya dukung ujung (q_b) :

$$\begin{aligned}q_b &= \frac{q_{ca} \text{ (base)}}{F_b} \\ &= \frac{80}{3,5} \\ &= 22,857 \text{ kg/cm}^2 = 0,022857 \text{ ton/cm}^2\end{aligned}$$

(3) Nilai kapasitas daya dukung ultimit (Q_{ult}) :

$$\begin{aligned}Q_{ult} &= q_b \times A_b \\ &= 22,857 \times 5024 \\ &= 114833,568 \text{ kg} \\ &= 114,833 \text{ ton}\end{aligned}$$

(4) Nilai kapasitas daya dukung ijin (Q_a) :

$$\begin{aligned}Q_a &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\ &= \frac{114,833}{2} \\ &= 57,42 \text{ ton}\end{aligned}$$

Analisis Kapasitas Dukung Bore Pile Menggunakan Data Bor Mesin 1 (SPT

1)

Tabel 4. Data nilai N_{SPT} pada (SPT 1)

Kedalaman Bor Mesin (meter)	Nilai N-SPT
0,00 – 2,00	35
2,00 – 4,00	50
4,00 – 6,00	50
6,00 – 8,00	50
8,00 – 10,00	50

Perhitungan analisis dukung pondasi *Bore Pile* metode Mayerhoff pada SPT 1 :

Data Pondasi *Bore Pile*

Diameter (d) = 80 c m

Keliling (P) = $\pi \cdot d = 3,14 \cdot 80$
 = 251,2 c m = 2,512 m

Luas (Ap) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$
 = $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 80^2$
 = 5024 cm² = 0,502 m²

Berat sendiri *bore pile* (Wp) = 1205 kg/m = 1,205 ton/m

(1) Untuk lapisan tanah kedalaman 2 m dengan tanah bersifat kohesif :

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p$$

$$C_u = \frac{2}{3} \cdot N_{SPT} = \frac{2}{3} \cdot 35 = 23,333 \text{ t/m}^2$$

$$Q_p = 9 \cdot 23,333 \cdot 0,502$$

$$= 105,42 \text{ ton}$$

(2) Untuk lapisan tanah kedalaman 6 m non kohesif dengan nilai N-SPT 50 :

$$Q_p = 40 \times N_b \times A_p$$

$$N_b = \frac{50+50}{2} = 50$$

$$Q_p = 40 \times 50 \times 0,502$$

$$= 1004 \text{ kN}$$

$$= 100,4 \text{ ton (diambil nilai } Q_p \text{ terkecil)}$$

(3) Daya dukung selimut dengan lapisan tanah pada kedalaman 0 - 2 m :

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha \times C_u \times P \times L_i \\ &= 0,55 \times 23,333 \times 2,512 \times 2 \\ &= 64,47 \text{ ton} \end{aligned}$$

(4) Daya dukung selimut dengan lapisan tanah kedalaman 2 - 6 m :

$$\begin{aligned} Q_s &= 0,2 \times N\text{-SPT} \times P \times L_i \\ &= 0,2 \times 50 \times 2,512 \times 4 \\ &= 100,48 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$Q_s \text{ total} = 64,47 + 100,48 = 164,95 \text{ ton}$$

(5) Daya dukung ultimit

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s - W_p \\ &= 100,4 + 164,95 - (1,205 \times 6) \\ &= 100,4 + 164,95 - 7,23 \\ &= 258,12 \text{ ton} \end{aligned}$$

(6) Daya dukung ijin (Q_a) :

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{258,12}{3} \\ &= 86,04 \text{ ton} \end{aligned}$$

Analisis Kapasitas Dukung Bore Pile Menggunakan Data Bor Mesin 2 (SPT

2)

Tabel 5. Data nilai $N_{\text{-SPT}}$ pada (SPT 2)

Kedalaman Bor Mesin (meter)	Nilai N-SPT
0,00 – 2,00	22
2,00 – 4,00	50
4,00 – 6,00	50
6,00 – 8,00	50
8,00 – 10,00	50

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TAHUN X
Banjarmasin, 28 Oktober 2023
ISSN-P : 2775-9653 ISSN-O : 2459-9964

Perhitungan analisis dukung pondasi *Bore Pile* metode Mayerhoff pada SPT 2 :

Data Pondasi *Bore Pile*

$$\begin{aligned}\text{Diameter (d)} &= 80 \text{ c m} \\ \text{Kelilin g (P)} &= 3,14 \cdot d = 3,14 \cdot 80 \\ &= 251,2 \text{ c m} = 2,512 \text{ m} \\ \text{Luas (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 80^2 \\ &= 5024 \text{ cm}^2 = 0,502 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Berat sendiri bore pile (W}_p\text{)} = 1205 \text{ kg/m} = 1,205 \text{ ton/m}$$

(1) Untuk lapisan tanah kedalaman 2 m dengan tanah bersifat kohesif :

$$\begin{aligned}Q_p &= 9 \cdot C_u \cdot A_p \\ C_u &= \frac{2}{3} \cdot N_{\text{SPT}} = \frac{2}{3} \cdot 22 = 14,667 \text{ t/m}^2 \\ Q_p &= 9 \cdot 14,667 \cdot 0,502 \\ &= 66,26 \text{ ton (diambil nilai } Q_p \text{ terkecil)}\end{aligned}$$

(2) Untuk lapisan tanah kedalaman 6 m non kohesif dengan nilai N-SPT 50 :

$$\begin{aligned}Q_p &= 40 \times N_b \times A_p \\ N_b &= \frac{50+50}{2} = 50 \\ Q_p &= 40 \times 36 \times 0,502 \\ &= 722,88 \text{ kN} \\ &= 72,29 \text{ ton}\end{aligned}$$

(3) Daya dukung selimut dengan lapisan tanah pada kedalaman 0 - 2 m :

$$\begin{aligned}Q_s &= \alpha \times C_u \times P \times L_i \\ &= 0,55 \times 14,667 \times 2,512 \times 2 \\ &= 40,53 \text{ ton}\end{aligned}$$

(4) Daya dukung selimut dengan lapisan tanah kedalaman 2 - 6 m :

$$\begin{aligned}Q_s &= 0,2 \times N\text{-SPT} \times P \times L_i \\ &= 0,2 \times 50 \times 2,512 \times 4 \\ &= 100,48 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$Q_s \text{ total} = 40,53 + 100,48 = 141,01 \text{ ton}$$

(5) Daya dukung ultimit

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s - W_p \\ &= 66,264 + 141,01 - (1,205 \times 6) \\ &= 66,264 + 141,01 - 7,23 \\ &= 200,04 \text{ ton} \end{aligned}$$

(6) Daya dukung ijin (Q_a) :

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{200,044}{3} \\ &= 66,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perbandingan Kapasitas *Bore Pile* menggunakan Sondir (CPT) dan Bor Mesin (SPT)

Berdasarkan hasil analisis 2 (dua) metode di atas, dapat dilihat nilai analisis menggunakan data Sondir (CPT) diperoleh dari daya tahan ujung persatuan luas dan daya tahan ultimit (beban maksimum persatuan). Sedangkan analisis menggunakan data SPT terdiri dari tahanan selimut dan tahanan ultimit (beban maksimum persatuan).

Tabel 6. Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi *Bore Pile*

Nilai Analisis	Sondir 1	Sondir 2	Bor Mesin 1	Bor Mesin 2
	CPT 1(ton)	CPT 2 (ton)	SPT 1 (ton)	SPT 2 (ton)
Qp	-	-	100,04	66,26
Qs	-	-	164,95	141,01
Qu	137,47	113,83	258,12	200,04
Qa	68,74	57,42	86,04	66,68

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis diatas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TAHUN X
Banjarmasin, 28 Oktober 2023
ISSN-P : 2775-9653 ISSN-O : 2459-9964

1. Berdasarkan analisis didapatkan nilai kapasitas dukung ultimit *bore pile* menggunakan Sondir (CPT) pada Aoki & De Alencer sebesar 137,47 ton pada CPT 1 dan 113,83 ton pada CPT 2.
2. Berdasarkan analisis diperoleh nilai kapasitas dukung ultimit *bore pile* menggunakan Bor Mesin (SPT) Metode Mayerhoff sebesar 258,12 ton pada SPT 1 dan sebesar 200,04 ton pada SPT 2.
3. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai perbandingan kapasitas dukung ultimit pondasi *bore pile* metode Aoki & De Alencer sebesar 137,47 ton dan 113,83 ton, sedangkan dengan metode Mayerhoff sebesar 258,12 ton dan 200,04 ton. Selain itu juga diperoleh nilai perbandingan kapasitas dukung ijin metode Aoki & De Alencer sebesar 68,74 ton dan 57,42 ton, sedangkan metode Mayerhoff sebesar 86,04 ton dan 66,68 ton. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua metode tersebut memiliki perbedaan nilai kapasitas daya dukung yang tidak signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwis, H., (2018), Dasar – Dasar Mekanika Tanah. Yogyakarta : Pena In dis.
- Fahmi, K., (2022), Analisa Perbandingan Daya Dukung Pondasi. Tiang Dengan Metode Mayerhoff, Luciano Decourt, Reese And Wright dan Elemen Hingga (Plaxis) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Hardiyatmo, H., C., (2011), Analisis & Perancangan. Fondasi I. Yogyakarta : Gadjah Mada University, Press.
- Hardiyatmo, H., C., (2008), Teknik Fondasi II. Yogyakarta : Gadjah Mada, University Press.
- Lestari, Y., S., (2022), Analisis Daya Dukung. Pondasi Bored Pile Berdasarkan, Data Pengujian Lapangan *N-Standard Penetration Test*, Pada Proyek Jembatan Sei Alalak. Banjarmasin (Doctoral Dissertation, UNISKA. MAB).
- Ramdhany, M., & Permana, S., (2021), Analisis Daya Dukung & Penurunan Pondasi Bored Pile, Menggunakan Nilai *Standard*

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TAHUN X
Banjarmasin, 28 Oktober 2023
ISSN-P : 2775-9653 ISSN-O : 2459-9964

Penetration Tets (SPT) Proyek Pembangunan Kereta Cepat Indonesia-China., Jurnal Konstruksi : 19 (1), 212 - 218.

Sugesti, T., F., (2017), Perbandingan Daya Dukung Pondasi Minipiile, & Sumuran Menggunakan Metode Meyerhof, LCPC., & AOKI & De A lencer.

Waruwu, J., K., & Hamzah, A., (2021), Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Piile, Berdasarkan Data Sonder Pada Proyek, Pembangunan Pasar Baru, Panyabungan Kab. Madina. Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil & Sains, (BATAS) : 1 (1), 19 - 32.