

ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI SPUN PILE

¹Sandy Akbar, ²Abdul Rochim, ²Soedarsono

¹ Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

² Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

03sandy03akbar03@gmail.com

Abstrak

Pondasi berfungsi untuk menyalurkan beban ke dalam lapisan tanah. Pondasi spun adalah salah satu pondasi yang sering digunakan pada proyek konstruksi. Tugas Akhir ini membahas pada Proyek Pembangunan Jalan tol Yogyakarta - Bawen Ruas Sleman - Banyurejo Sksi 1. Pada Tugas Akhir ini akan dihitung daya dukung spun pile berdasarkan data Standart Penetration Test (SPT) yang telah ditetapkan, Tujuan dari analisa menggunakan metode Mayerhoff (1976), Luciano Decourt, dan mengetahui penurunan tanah dari metode Poulos & Davis (1980), dan Vessic (1977), Program Plaxis 8.6, dan Program Allpile, serta daya dukung tiang akibat beban lateral dengan metode Broms (1964). Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan nilai daya dukung aksial tiang tunggal, dan tiang kelompok dengan menggunakan metode Mayerhoff (1976), dan Luciano Decourt pada titik P6A sebesar 3601,10, kN, 3629,45 kN, dan 28232,59 kN, 28454,91 kN, sedangkan pada titik P6B sebesar 4650,11, 5242,30, 27342,67 kN, dan 30824,72 kN. Nilai daya dukung lateral tiang tunggal, dan tiang kelompok dengan menggunakan metode Broms (1964) pada titik P6A sebesar 69,216 ton, dan 138,432 ton, dengan nilai defleksi 12,9 mm, sedangkan pada titik P6B sebesar 109,536 ton, dan 164,304 ton, dengan nilai defleksi 18,256 mm. Nilai penurunan tiang tunggal, dan tiang kelompok pada titik P6A, dan P6B dengan menggunakan metode Poulos & Davis (1980), dan Vessic (1977) didapatkan sebesar 38 mm, dan 111,3 mm. Nilai penurunan tiang kelompok dengan menggunakan Program Plaxis 8.6 pada titik P6A, dan P6B sebesar 86,71 mm, dan 01,72 mm, sedangkan dengan menggunakan metode Program Allpile sebesar 78 mm, dan 92 mm.

Kata Kunci: Infrastruktur, Pondasi, Daya Dukung tiang; Penurunan.

ANALYSIS OF LOAD BEARING CAPACITY AND SETTLEMENT OF SPUN PILES

¹Sandy Akbar, ²Abdul Rochim, ²Soedarsono

¹ Civil Engineering Student, Faculty of Engineering, Sultan Agung Islamic University

² Civil Engineering Lecturer, Faculty of Engineering, Sultan Agung Islamic University

03sandy03akbar03@gmail.com

Abstract

Foundations serve to transfer loads into the soil layers. Spun foundations are one type of foundation that is commonly used in construction projects. This final project discusses the construction of the Yogyakarta - Bawen toll road, specifically the Sleman - Banyurejo section 1. In this final project, the load-bearing capacity of spun piles will be calculated based on the Standard Penetration Test (SPT) data that has been established. The analysis aims to use the Mayerhoff (1976) and Luciano Decourt methods, as well as to determine soil settlement using the Poulos & Davis (1980) and Vessic (1977) methods, along with the Plaxis 8.6 and Allpile programs, and the lateral load-bearing capacity of piles using the Broms (1964) method. Based on the analysis conducted, the axial load-bearing capacity values for single piles and pile groups using the Mayerhoff (1976) and Luciano Decourt methods at point P6A are 3601.10 kN, 3629.45 kN, and 28232.59 kN, 28454.91 kN, while at point P6B they are 4650.11 kN, 5242.30 kN, and 27342.67 kN, 30824.72 kN. The lateral load-bearing capacity values for single piles and pile groups using the Broms (1964) method at point P6A are 69.216 tons and 138.432 tons, with a deflection value of 12.9 mm, while at point P6B they are 109.536 tons and 164.304 tons, with a deflection value of 18.256 mm. The settlement values for single piles and pile groups at points P6A and P6B using the Poulos & Davis (1980) and Vessic (1977) methods are 38 mm and 111.3 mm. The settlement values for pile groups using the Plaxis 8.6 program at points P6A and P6B are 86.71 mm and 01.72 mm, while using the Allpile program they are 78 mm and 92 mm.

Keywords: Infrastructure, Foundation, Load-bearing capacity of piles; Settlement.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Suatu perencanaan pondasi tiang harus dilakukan dengan teliti dan secermat mungkin. Setiap Pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Analisis dilakukan dengan metode statis dan dinamis untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang pancang dan penurunan yang terjadi. Kapasitas dukung tiang pancang dengan metode statis dihitung berdasarkan data- data lapangan (SPT), sedangkan metode dinamis dihitung berdasarkan data lapangan yaitu data kalendering dan PDA yang diperoleh saat pemancangan. (Crsitin R Siregar, 2014).

Pada tugas akhir ini akan melakukan perhitungan kapasitas dukung dan penurunan dari struktur bawah Proyek Pembanguna Jalan Tol Yogyakarta - Bawen Ruas Sleman Banyurejo dengan menggunakan pondasi spun pile. Alasan tugas akhir ini dibuat adalah untuk mengetahui nilai perbandingan daya dukung tiang menggunakan metode Mayerhoff (1976) dengan metode Luciano Decourt, dan membandingkan nilai penurunan tiang menggunakan metode Poulos & Davis (1980), Vessic (1977), Program Plaxis, dan Program Allpile.

Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah:

- 1.) Berapa nilai daya dukung aksial tiang tunggal dan tiang kelompok pada titik P6A dan P6B dengan menggunakan metode Mayerhoff (1976), dan Luciano Decourt.
- 2.) Berapa nilai daya dukung lateral tiang tunggal dan tiang kelompok pada titik P6A dan P6B dengan menggunakan metode Broms (1964).
- 3.) Berapa nilai penurunan tiang tunggal dan tiang kelompok pada titik P6A dan P6B menggunakan metode Poulos & Davis (1980), dan Vessic (1970).
- 4.) Berapa nilai penurunan tiang kelompok pada titik P6A dan P6B menggunakan program Plaxis V.8.6, dan program Allpile.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk menegtahui besaran daya dukung dan penurunan pondasi spun pile yang terjadi pada titik P6A dan P6B pada Elevated Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta - Bawen Ruas Sleman - Banyurejo Seksi 1.

Batasan Masalah

- 1.) Perhitungan daya dukung aksial tiang tunngal dan tiang kelompok menggunakan metode Mayerhoff (1976), dan Luciano Decourt,
- 2.) Perhitungan daya dukung lateral menggunakan metode Broms (1964),
- 3.) Perhitungan efisiensi grup menggunakan metode Conferse - Labare,
- 4.) Perhitungan penurunan tiang tunggal menggunakan metode Poulos & Davis (1980),
- 5.) Perhitungan oenurunan tiang kelompok menggunakan metode Vessic (1977),
- 6.) Perhitungan menggunakan data N- SPT,

7.) Perhitungan hanya dilakukan pada titik P6A dan P6B

8.) Jenis pondasi yang digunakan spun pile.

2. Landasan Teori

➤ Daya Dukung Aksial Metode Mayerhoff (1976)

Rumus daya dukung aksial ultimit tiang metode Mayerhoff(1976) diekspresikan dalam persamaan berikut:

$$Q_u = Q_p + \sum Q_s \quad (1)$$

$$1. Q_{izin} = Q_u / SF \quad (2)$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung ultimit (kN)

Q_p = Daya dukung ujung (kN)

Q_s = Daya dukung selimut (kN)

Q_{izin} = Daya dukung izin (kN)

SF = Safety Factor

Rumus Daya dukung ujung (Q_p) metode Mayerhoff (1976) diekspresikan dalam persamaan berikut:

1.) Q_p Untuk tanah kohesif

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p \quad (3)$$

Dimana:

c_u = Kohesi undrained (kN/m²)

A_p = Luas penampang tiang (m²)

$$c_u = N - SPT \times 2/3 \times 10 \quad (4)$$

2.) Q_p Untuk tanah non kohesif

$$Q_p = 40 \times N - SPT \times l_i/D \times A_p \quad (5)$$

Dimana:

l_i = Panjang lapisan tanah (m)

N - SPT = Nilai SPT

Rumus daya dukung selimut (Q_s) metode Mayerhoff (1976) diekspresikan dalam persamaan berikut:

1.) Q_s untuk tanah kohesif

$$Q_s = \alpha \times c_u \times p \times l_i \quad (6)$$

Dimana:

α = Koefisien adhesi

p = Keliling tiang (m)

2.) Q_s untuk tanah non kohesif

$$Q_s = 2 \times N - \text{SPT} \times p \times l_i \quad (6)$$

➤ Daya Dukung Aksial Metode Luciano Decourt

Rumus daya dukung aksial ultimit tiang tunggal metode Mayerhoff (1976) diekspresikan dalam persamaan berikut:

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

$$Q_{izin} = Q_u / SF \quad (8)$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung ultimit (kN)

Q_p = Daya dukung ujung (kN)

Q_s = Daya dukung selimut (kN)

Q_{izin} = Daya dukung izin (kN)

SF = Safety Factor

Rumus Daya dukung ujung (Q_p) metode Luciano Decourt diekspresikan dalam persamaan berikut:

$$Q_p = \alpha \times N_p \times K \times A_b \quad (9)$$

Dimana:

α = Base Koefisien

N_p = Nilai rata - rata tiang 4D atas hingga 4D bawah

K = Koefisien karakteristik tanah

A_b = Luas penampang (m^2)

Tabel 1. Base Koefisien Decourt (α)

Soil/Pile	Driven Pile	Bored Pile
Clay	1,0	0,85
Intermediate Soil	1,0	0,60
Sand	1,0	0,50

(Sumber: Wahyudi, 2013)

Tabel 2. Koefisien Karakteristik Tanah (K)

Jenis Tanah	K (t/m ²)	K (kPa)
Lempung	12	117,7
Lanau Berlempung	20	196
Lanau Berpasir	25	245
Pasir	40	392

(Sumber: Wahyudi, 2013)

Rumus Daya dukung selimut (Q_s) metode Luciano Decourt diekspresikan dalam persamaan berikut:

$$Q_s = \beta \times (N_s/3 + 1) \times A_s \quad (10)$$

Dimana:

β = Shaft Koefisien

N_s = Harga rata - rata N - SPT tiang yang terbenam

A_s = Luas Selimut (m²)

Tabel 3. Shaft Koefisien Decourt (β)

Soil/Pile	Driven Pile	Bored Pile
Clay	1,0	0,85
Intermediate Soil	1,0	0,60
Sand	1,0	0,50

(Sumber: Wahyudi, 2013)

➤ Efisiensi Kelompok (Eg) Metode Conferse - Labare

Rumus Efisiensi kelompok (Eg) metodede Conferse - Labare diekspresikan dalam persamaan berikut:

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (11)$$

Dimana:

Eg = Efisiensi kelompok tiang

θ = Theta (dalam derajat)

m = Jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

$$\theta = \arctg x (D/S) \quad (12)$$

Dimana:

D = Diameter tiang pondasi (m)

S = Jarak antar tiang (m)

Menurut Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L dalam Sardjino (1991) nilai S ditentukan menurut persamaan sebagai berikut:

$$2,5 \leq S \leq 3,5 \quad (13)$$

untuk menghitung jumlah tiang dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$n = P / Q_{izin} \quad (14)$$

Dimana:

n = Jumlah tiang

P = Beban yang bekerja (kN)

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan efisiensi tiang diekspresikan pada persamaan berikut:

$$Q_g = n \times Q_{izin} \times E_g \quad (15)$$

Dimana:

Q_g = Daya dukung kelompok tiang (kN)

➤ Daya Dukung Lateral Metode Broms (1964)

Rumus daya dukung tiang lateral Broms (1964) ndiekspresikan dalam persamaan berikut:

$$H_{all} = H_u / SF \quad (16)$$

Dimana:

H_{all} = Daya dukung lateral izin (kN)

H_u = Daya dukung lateral (kN)

$$E_p = 4700 \times \sqrt{f_c'} \quad (17)$$

$$I_{p_{square}} = 1/12 \times b \times h^3 \quad (18)$$

$$I_{p_{cicle}} = 1/63 \times \pi \times D^4 \quad (19)$$

$$K_{aktif} = \tan^2 (45 - \theta/2) \quad (20)$$

$$K_{pasif} = \tan^2 (45 + \theta/2) \quad (21)$$

$$K = K_p / 1,5 \times D \quad (22)$$

$$R = \sqrt[4]{(E_p \times I_p) / K} \quad (23)$$

Nilai Kohesi Cu diambil dari 1/3 nilai kedalaman tiang, diekspresikan dalam persamaan berikut:

$$C_u = (\sum C_u \times L_i) / \sum L_i \quad (24)$$

$$\beta = (K/(4 \times E_p \times I_p))^{1/4} \quad (25)$$

$$f_b = 0,40 \times f_c' \quad (26)$$

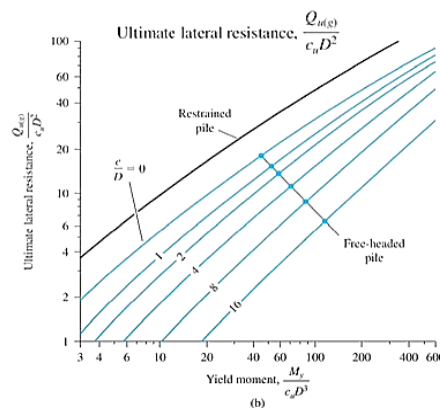
$$W = I_p/(b/2) \quad (27)$$

$$M_y = f_b \times W \quad (28)$$

Nilai H_u dicari berdasarkan Grafik pada Gambar 2.1 Grafik Daya Dukung Lateral, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{M_y}{C_u \times D^3} = (\text{nilai X pada grafik gambar 2.1}) \quad (29)$$

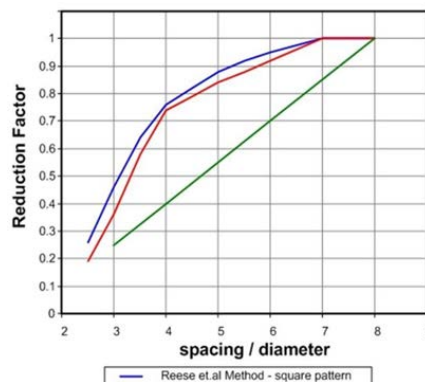
$$\frac{H_u}{C_u \times D^2} = (\text{nilai Y pada grafik gambar 2.1}) \quad (30)$$



Gambar 4.1 Grafik Daya Dukung Lateral

$$H_{izin} = H_u / SF \quad (31)$$

Faktor reduksi diambil dari grafik gambar 2.2 Grafik Faktor Reduksi



Gambar 4.2 Grafik Faktor Reduksi

$$H_g = \text{Faktor Reduksi} \times n \times H_{izin} \quad (32)$$

$$y_0 = \frac{2 \times H_g \times \beta \times (e \times \beta + 1)}{K} \quad (\text{untuk Tiang Pancang}) \quad (33)$$

$$y_0 = \frac{H_g \times (e + zf)^3}{3 \times E_p \times I_p} \quad (\text{untuk Bored Pile}) \quad (34)$$

$$zf = 1,4 \times R \quad (35)$$

Menurut SNI 8640 : 2017 bab 9.7.3.1 nilai defleksi y_0 (mm) < 25 mm

Dimana:

- E_p = Modulus Elastisitas (Mpa)
- I_p = Momen Inersia (cm^4)
- K_a = Tekanan Tanah
- K = Modulus subgrade (Kg/cm^2)
- R = Modulus tanah konstanta (cm)
- C_u = Kohesi tanah
- β = Pengkait tipe tiang (cm)
- f_b = Kuat lentur beban tiang
- W = Tahan momen (cm^3)
- M_y = Momen maksimum tiang (kg.cm)
- H_g = Daya dukung lateral tiang kelompok (kN)
- y_0 = Defleksi (mm)

➤ Penurunan Tiang Tunggal Metode Vessic (1977)

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \times L}{A_p \times E_p} \quad (36)$$

Dimana:

- S = Penurunan tiang tunggal (m)
- D = Diameter tiang (m)
- Q = Beban yang bekerja (ton)
- A_p = Luas penampang (m^2)
- L = Panjang tiang (m)
- E_p = Modulus Elastisitas tiang (ton/m^2)

Menurut Resse & Wright (1977) penurunan tiang tunggal izin ditentukan melalui persamaan berikut:

$$S_{\text{izin}} = 10\% \times D \quad (37)$$

➤ Penurunan Tiang Tunggal Metode Vessic (1977)

$$S_g = S \frac{\sqrt{B_g}}{D} \quad (38)$$

Dimana:

- S_g = Penurunan pondasi kelompok tiang (m)
- S = Penurunan pondasi tiang Tunggal (m)
- B_g = Lebar kelompok tiang (m)
- D = Diameter tiang Tunggal (m)

$$S_{g\text{izin}} = \frac{L}{250} \quad (39)$$

Dimana:

- L : Kedalaman tiang yang terbenam (m)

➤ Penurunan Tiang Tunggal Metode Program Plaxis V.8.6

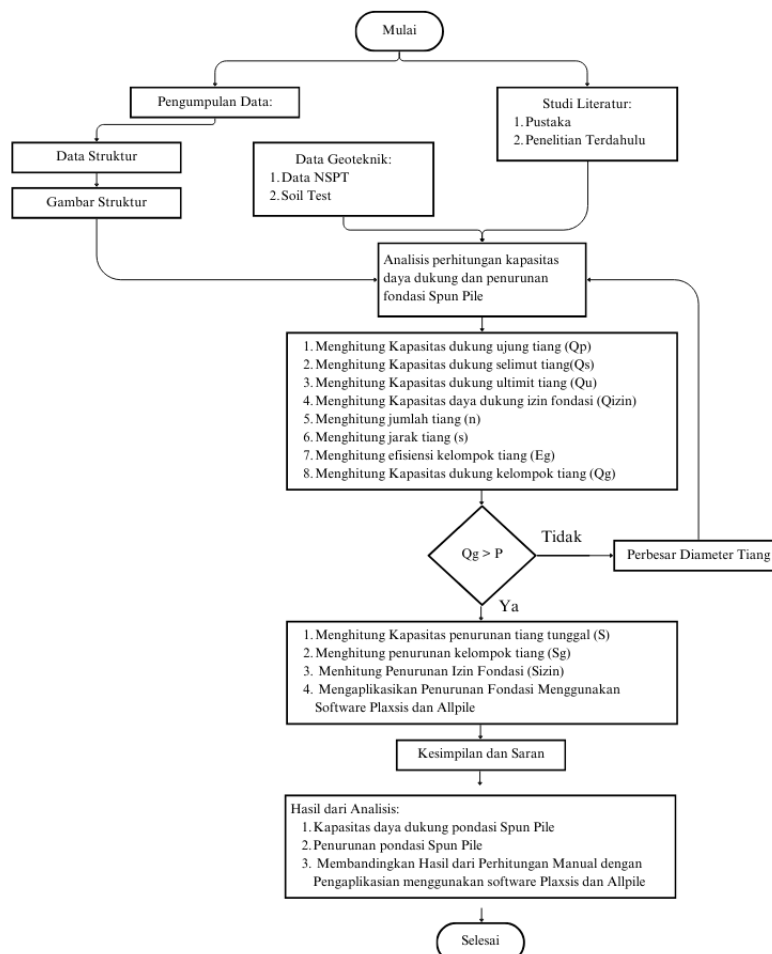
Plaxis digunakan untuk metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisa deformasi dan stability untuk berbagai software dalam bidang geoteknik, contohnya daya dukung tanah. Perihal yang terjadi bisa permodelan dalam regangan bidang maupun secara axismetris.

➤ Penurunan Tiang Tunggal Metode Program Allpile

Allpile merupakan salah satu aplikasi yang digunakan engineer untuk melakukan perencanaan atau perancangan suatu pondasi didalam suatu proyek konstruksi. Aplikasi Allpile dikembangkan oleh Civiltech Software Co. yang berbasis di Seattle-Bellevue, USA. Aplikasi Allpile digunakan untuk mendesain pondasi tiang, baik itu bored pile maupun pancang dan juga bisa digunakan untuk pondasi dangkal. Aplikasi Allpile merupakan aplikasi yang sederhana dan mudah untuk digunakan.

3. Metodologi Penelitian

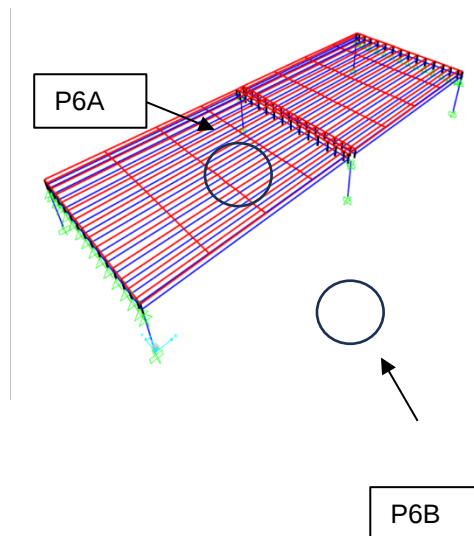
Bagan Alir Tugas Akhir



4. Analisis dan Pembahasan

➤ Spesifikasi Umum Data Elevated JJB

- | | |
|--------------------------|---|
| a. Bentang antar Pier | = 43,1 m |
| b. Lebar bahu dalam | = 1,5 m |
| c. Lebar bahu Luar | = 3,0 m |
| d. Lebar Median | = 3,8 m (termasuk bahu dalam) |
| e. Struktur bawah | = Spun Pile |
| f. Kedalam Pondasi | = 27 - 41 m |
| g. Tipe struktur | = Portal Pier |
| h. Struktur atas | = PC I Girder, Girder Persegi Sederhana, Steel Box Girder dengan Lapis AC -WC |
| i. Panjang girder | = 40,8 m |
| j. Total Girder | = 10 PC I Girder |
| k. Jenis beton | = Beton bertulang |
| l. Diameter Spun Pile | = 1,2 m |
| m. Elemen pada Elevated | = PC I Girder, Pier head/Portal, Diafragma, Kolom, Pile Cap, dan Pondasi. |
| n. Beban Struktur Atas | = 25543 kN |
| o. Jumlah Tiang Pada P6A | = 8 buah |
| p. Jumlah Tiang Pada P6B | = 6 buah |



Gambar 4.1 Titik P6A BH - 88 dan P6B BH - 89

➤ Data Umum Tiang Spun Pile

- | | |
|-----------------------------|--|
| a. Diameter | = 120 cm = 1,2 m |
| b. Kedalaman | = 40 m |
| c. Keliling permukaan | = $\pi \times D$
= $3,14 \times 1,2$
= 3,768 m |
| d. Luas Spun Pile (A_p) | = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$ |

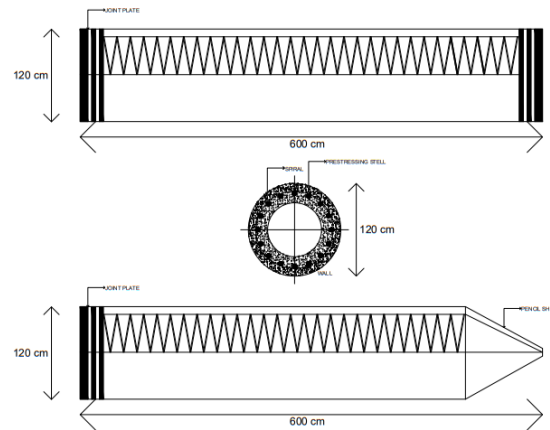
$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,22$$

$$= 1,13 \text{ m}^2$$

e. Berat dari tiang = $A_p \times B_j \times \text{Kedalaman tiang}$

$$= 1,3 \times 2400 \times 40$$

$$= 124800 \text{ kg} = 1223,87$$

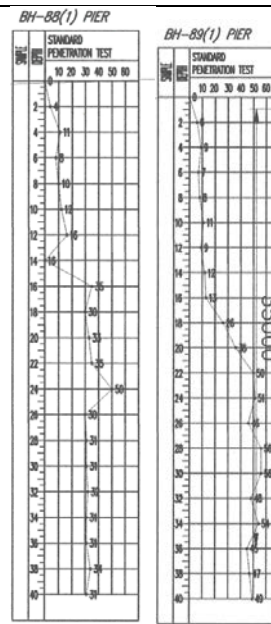


Gambar 4.2 Dimensi Spun Pile D = 2,1 m

➤ Data Tanah Elevated P6A BH - 88

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH TUNAS LIMA WARNA		SUMMARY TEST RESULT					
PROJECT : Jalan Tol							
LOCATION : Site Tol Yogyakarta - Bawen							
Bore Hole		BH - AK 1 - UDS 1	BH - AK 1 - UDS 2	BH - AK 1 - DS 1	BH - AK 1 - DS 2	BH - AK 1 - DS 3	
DEPTH (m)		2.00 - 2.50	5.50 - 6.00	11.50 - 12.00	16.00 - 16.50	20.50 - 21.00	
SAMPLE STATUS		UDS	UDS	DS	DS	DS	
INDEX PROPERTIES	VOLUME WEIGHT						
	Specific Gravity (Gs)	g/cm ³	2,836	2,883	2,787	2,724	2,698
	Natural Water Content (w)	%	43,735	28,245	17,068	25,007	24,665
	Bulk Density (g/cm ³)	g/cm ³	2,817	2,029	1,602	1,754	1,683
	Dry Density (g/cm ³)	g/cm ³	1,264	1,262	1,369	1,402	1,509
	Void Ratio	(e)	1,244	0,222	0,078	0,043	0,632
	Porosity	(n)	0,554	0,451	0,494	0,485	0,387
	Degree of Saturation (Sr)	%	99,74	99,06	47,26	72,48	99,39
	ATTERBERG LIMITS						
	Liquid Limits (LL)	%	49,72	35,68			25,38
	Plastic Limits (PL)	%	30,87	29,55	Non Plastic	Non Plastic	25,10
	Plasticity Index (PI)	%	18,85	6,13			0,29
	HIDROMETER ANALYSIS						
	Gravel	%	0,63	4,89	1,14	0,00	0,96
	Sand	%	30,30	44,86	88,14	68,44	45,27
	Silt	%	65,94	46,97	8,65	27,39	50,70
	Clay	%	3,12	3,28	2,07	4,17	3,67
	Class USCS		ML	ML	SW-SM	SM	ML
ENGINEERING PROPERTIES	TRIAXIAL (UU TEST)						
	Cohesion (c)	kg/cm ²	0,069	0,062	-	-	0,100
	Friction Angle (φ)	φ (deg)	1,160	0,346	-	-	0,249
	CONSOLIDATION TEST						
	Coefficient of Consolidation (Cv)	cm ² /s	0,050	0,059	-	-	0,069
	Compression Index (Cc)		0,140	0,086	-	-	0,126
	UNCONFINED COMPRESSION TEST						
	Undisturbed Compressive Strength (Qu)	kg/cm ²	0,223	0,061	-	-	0,753
	Sensitivity (ST)		3,419	1,263	-	-	2,983
	DIRECT SHEAR TEST						
	Cohesion (c)	kg/cm ²	-	-	2,978	3,071	-
	Friction Angle (φ)	φ (deg)	-	-	7,811	4,905	-

Gambar 4.3 Soil Test P6A BH - 88



Gambar 4.4 Data N - SPT P6A dan P6B

➤ Daya Dukung Aksial Pondasi Spun Pile

A. Metode Mayerhoff (1976)

Tabel 4.1 Perhitungan daya Dukung Tiang Tunggal Metode Mayerhoff (1976) titik P6A

Depth	N-SPT	Class	Cu	As (m2)	Ap	Qs (kN)	Qp (kN)	Qult (kN)	Qizin (kN)	ΣQs
0	0	Lempung	0	3.77	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	4	Lempung	26.67	3.77	1.13	110.53	271.20	381.73	127.24	110.53
4	11	Lempung	73.33	3.77	1.13	303.95	745.80	1160.28	386.76	414.48
6	8	Lempung	53.33	3.77	1.13	221.06	542.40	1177.94	392.65	635.54
8	10	Lempung	66.67	3.77	1.13	276.32	678.00	1589.86	529.95	911.86
10	12	Lempung	80.00	3.77	1.13	331.58	813.60	2057.04	685.68	1243.44
12	16	Lempung	106.67	3.77	1.13	442.11	1084.80	2770.35	923.45	1685.55
14	16	Pasir	0	3.77	1.13	241.15	1205.33	3132.04	1044.01	1926.70
16	35	Pasir	0	3.77	1.13	527.52	2636.67	5090.89	1696.96	2454.22
18	30	Pasir	0	3.77	1.13	452.16	2260.00	5166.38	1722.13	2906.38
20	33	Pasir	0	3.77	1.13	497.38	2486.00	5889.76	1963.25	3403.76
22	35	Pasir	0	3.77	1.13	527.52	2636.67	6567.95	2189.32	3931.28
24	50	Pasir	0	3.77	1.13	753.60	3766.67	8451.55	2817.18	4684.88
26	30	Pasir	0	3.77	1.13	452.16	2260.00	7397.04	2465.68	5137.04
28	31	Pasir	0	3.77	1.13	467.23	2335.33	7939.61	2646.54	5604.27
30	31	Pasir	0	3.77	1.13	467.23	2335.33	8406.84	2802.28	6071.50
32	32	Pasir	0	3.77	1.13	482.30	2410.67	8964.47	2988.16	6553.81
34	31	Pasir	0	3.77	1.13	467.23	2335.33	9356.37	3118.79	7021.04
36	31	Pasir	0	3.77	1.13	467.23	2335.33	9823.61	3274.54	7488.27
38	34	Pasir	0	3.77	1.13	512.45	2561.33	10562.05	3520.68	8000.72
40	31	Pasir	0	3.77	1.13	467.23	2335.33	10803.29	3601.10	8467.95
42	31	Pasir	0	3.77	1.13	467.23	2335.33	11270.52	3756.84	8935.18

Tabel 4.2 Perhitungan daya Dukung Tiang Tunggal Metode Mayerhoff (1976) titik P6B

Depth (m)	N-SPT	Class	Cu (kN/m ²)	As (m ²)	Ap (m)	N60	Qs (kN)	Qp (kN)	Qult (kN)	Qizin (kN)	ΣQs (kN)
0	0	Lempung	0	3.77	1.13	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	6	Lempung	40.00	3.77	1.13	3.00	165.79	406.80	572.59	190.86	165.79
4	9	Lempung	60.00	3.77	1.13	3.75	248.69	610.20	1024.68	341.56	414.48
6	7	Lempung	46.67	3.77	1.13	3.67	193.42	474.60	1082.50	360.83	607.90
8	8	Lempung	53.33	3.77	1.13	3.75	221.06	542.40	1371.36	457.12	828.96
10	11	Lempung	73.33	3.77	1.13	4.10	303.95	745.80	1878.71	626.24	1132.91
12	9	Lempung	60.00	3.77	1.13	4.17	248.69	610.20	1991.80	663.93	1381.60
14	12	Pasir	0	3.77	1.13	4.43	180.86	904.00	2466.46	822.15	1562.46
16	13	Pasir	0	3.77	1.13	4.69	195.94	979.33	2737.73	912.58	1758.40
18	26	Pasir	0	3.77	1.13	5.61	391.87	1958.67	4108.94	1369.65	2150.27
20	36	Pasir	0	3.77	1.13	6.85	542.59	2712.00	5404.86	1801.62	2692.86
22	50	Pasir	0	3.77	1.13	8.50	753.60	3766.67	7213.13	2404.38	3446.46
24	51	Pasir	0	3.77	1.13	9.92	768.67	3842.00	8057.14	2685.71	4215.14
26	46	Pasir	0	3.77	1.13	10.92	693.31	3465.33	8373.78	2791.26	4908.45
28	56	Pasir	0	3.77	1.13	12.14	844.03	4218.67	9971.15	3323.72	5752.48
30	56	Pasir	0	3.77	1.13	13.20	844.03	4218.67	10815.18	3605.06	6596.51
32	48	Pasir	0	3.77	1.13	13.88	723.46	3616.00	10935.97	3645.32	7319.97
34	54	Pasir	0	3.77	1.13	14.65	813.89	4068.00	12201.86	4067.29	8133.86
36	45	Pasir	0	3.77	1.13	15.08	678.24	3390.00	12202.10	4067.37	8812.10
38	47	Pasir	0	3.77	1.13	15.53	708.38	3540.67	13061.15	4353.72	9520.48
40	49	Pasir	0	3.77	1.13	15.98	738.53	3691.33	13950.34	4650.11	10259.01
42	49	Pasir	0	3.77	1.13	16.38	738.53	3691.33	14688.87	4896.29	10997.54

B. Metode Luciano Decourt

Tabel 4.3 Perhitungan daya Dukung Tiang Tunggal Metode Luciano Decourt titik P6A

Depth (m)	N-SPT	Class	Cu (kN/m ²)	As (m ²)	Ap (m)	N60	Qs (kN)	Qp (kN)	Qult (kN)	Qizin (kN)	ΣQs (kN)
0	0	Lempung	0	3.77	1.13	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	6	Lempung	40.00	3.77	1.13	3.00	165.79	406.80	572.59	190.86	165.79
4	9	Lempung	60.00	3.77	1.13	3.75	248.69	610.20	1024.68	341.56	414.48
6	7	Lempung	46.67	3.77	1.13	3.67	193.42	474.60	1082.50	360.83	607.90
8	8	Lempung	53.33	3.77	1.13	3.75	221.06	542.40	1371.36	457.12	828.96
10	11	Lempung	73.33	3.77	1.13	4.10	303.95	745.80	1878.71	626.24	1132.91
12	9	Lempung	60.00	3.77	1.13	4.17	248.69	610.20	1991.80	663.93	1381.60
14	12	Pasir	0	3.77	1.13	4.43	180.86	904.00	2466.46	822.15	1562.46
16	13	Pasir	0	3.77	1.13	4.69	195.94	979.33	2737.73	912.58	1758.40
18	26	Pasir	0	3.77	1.13	5.61	391.87	1958.67	4108.94	1369.65	2150.27
20	36	Pasir	0	3.77	1.13	6.85	542.59	2712.00	5404.86	1801.62	2692.86
22	50	Pasir	0	3.77	1.13	8.50	753.60	3766.67	7213.13	2404.38	3446.46
24	51	Pasir	0	3.77	1.13	9.92	768.67	3842.00	8057.14	2685.71	4215.14
26	46	Pasir	0	3.77	1.13	10.92	693.31	3465.33	8373.78	2791.26	4908.45
28	56	Pasir	0	3.77	1.13	12.14	844.03	4218.67	9971.15	3323.72	5752.48
30	56	Pasir	0	3.77	1.13	13.20	844.03	4218.67	10815.18	3605.06	6596.51
32	48	Pasir	0	3.77	1.13	13.88	723.46	3616.00	10935.97	3645.32	7319.97
34	54	Pasir	0	3.77	1.13	14.65	813.89	4068.00	12201.86	4067.29	8133.86
36	45	Pasir	0	3.77	1.13	15.08	678.24	3390.00	12202.10	4067.37	8812.10
38	47	Pasir	0	3.77	1.13	15.53	708.38	3540.67	13061.15	4353.72	9520.48
40	49	Pasir	0	3.77	1.13	15.98	738.53	3691.33	13950.34	4650.11	10259.01
42	49	Pasir	0	3.77	1.13	16.38	738.53	3691.33	14688.87	4896.29	10997.54

Tabel 4.4 Perhitungan daya Dukung Tiang Tunggal Metode Luciano Decourt titik P6B

Depth (m)	N - SPT	Class	Cu (kN/m ²)	Ap (m)	As (m ²)	NP	Qp (kN)	NS	Qs (kN)	Qult (kN)	Qizin (kN)
0	0	Lempung	0	1.13	0.00	0.00	0	0	0	0	0
2	6	Lempung	40.00	1.13	2.26	6.83	1513.45	3.00	4.52	1517.97	505.99
4	9	Lempung	60.00	1.13	4.52	7.14	1582.00	3.75	10.17	1596.69	532.23
6	7	Lempung	46.67	1.13	6.78	7.75	1716.47	3.67	15.07	1746.23	582.08
8	8	Lempung	53.33	1.13	9.04	8.33	1845.67	3.75	20.34	1895.76	631.92
10	11	Lempung	73.33	1.13	11.30	10.10	2236.95	4.10	26.74	2313.79	771.26
12	9	Lempung	60.00	1.13	13.56	13.70	3034.28	4.17	32.39	3143.51	1047.84
14	12	Pasir	0	1.13	15.82	18.10	5014.46	4.43	39.17	5162.87	1720.96
16	13	Pasir	0	1.13	18.08	22.30	6178.04	4.69	46.33	6372.78	2124.26
18	26	Pasir	0	1.13	20.34	26.20	7258.50	5.61	58.38	7511.62	2503.87
20	36	Pasir	0	1.13	22.60	31.00	8588.31	6.85	74.20	8915.63	2971.88
22	50	Pasir	0	1.13	24.86	35.50	9834.99	8.50	95.30	10257.61	3419.20
24	51	Pasir	0	1.13	27.12	39.40	10915.46	9.92	116.77	11454.85	3818.28
26	46	Pasir	0	1.13	29.38	43.60	12079.04	10.92	136.35	12754.78	4251.59
28	56	Pasir	0	1.13	31.64	46.80	12965.57	12.14	159.71	13801.02	4600.34
30	56	Pasir	0	1.13	33.90	48.90	13547.36	13.20	183.06	14565.87	4855.29
32	48	Pasir	0	1.13	36.16	50.20	13907.51	13.88	203.40	15129.42	5043.14
34	54	Pasir	0	1.13	38.42	50.10	13879.81	14.65	226.00	15327.72	5109.24
36	45	Pasir	0	1.13	40.68	50.50	13990.63	15.08	245.21	15683.74	5227.91
38	47	Pasir	0	1.13	42.94	49.71	13772.95	15.53	265.17	15731.24	5243.75
40	49	Pasir	0	1.13	45.20	48.67	13482.72	15.98	285.89	15726.90	5242.30
42	49	Pasir	0	1.13	47.46	48.80	13519.65	16.38	306.61	16070.44	5356.81

➤ Daya Dukung Lateral Pondasi Spun Pile

Tabel 4.5 Perhitungan Daya Dukung Lateran Metode Broms (1964)

Titik	Hu (kN)	Hizin	Hg (kN)	y0 (mm)	Kontrol
P6A	2008.57	682.72	2730.88	12.9	Aman
P6B	2007.17	682.24	1876.18	24.7	Aman

➤ Daya Dukung Tiang Kelompok Pondasi Spun Pile

A. Metode Mayerhoff (1976)

Tabel 4.6 Perhitungan Daya Dukung Aksial Tiang Kelompok Metode Mayerhoff (1976) P6A

Depth	Beban Permanen		Depth	Beban Permanen	
	Qizin group	Kontrol		Qizin group	Kontrol
0	0.00	Bahaya	22	17164.23	Bahaya
2	748.19	Bahaya	24	22086.71	Bahaya
4	2274.15	Bahaya	26	19330.93	Bahaya
6	2308.75	Bahaya	28	20748.84	Bahaya
8	3116.12	Bahaya	30	21969.87	Bahaya
10	4031.80	Bahaya	32	23427.16	Bahaya
12	5429.89	Bahaya	34	24451.32	Bahaya
14	6138.79	Bahaya	36	25672.36	Aman
16	9978.15	Bahaya	38	27602.17	Aman
18	10126.11	Bahaya	40	28232.59	Aman
20	11543.93	Bahaya			

Tabel 4.7 Perhitungan Daya Dukung Aksial Tiang Kelompok Metode Mayerhoff (1976) P6B

Depth	Beban Permanen		Depth	Beban Permanen	
	Qizin group	Kontrol		Qizin group	Kontrol
0	0.00	Bahaya	22	18850.31	Bahaya
2	1122.28	Bahaya	24	21055.98	Bahaya
4	2008.37	Bahaya	26	21883.48	Bahaya
6	2121.71	Bahaya	28	26057.93	Aman
8	2687.87	Bahaya	30	28263.67	Aman
10	3682.28	Bahaya	32	28579.33	Aman
12	3903.93	Bahaya	34	31887.52	Aman
14	4834.27	Bahaya	36	31888.14	Aman
16	5365.96	Bahaya	38	34133.13	Aman
18	8053.52	Bahaya	40	27342.67	Aman
20	10593.53	Bahaya			

B. Metode Luciano Decourt

Tabel 4.8 Perhitungan Daya Dukung Aksial Tiang Kelompok Metode Luciano Decourt P6A

Depth	Beban Permanen		Depth	Beban Permanen	
	Qizin group	Kontrol		Qizin group	Kontrol
0	0.00	Bahaya	22	23499.67	Bahaya
2	4350.85	Bahaya	24	24984.89	Bahaya
4	5080.26	Bahaya	26	26433.13	Aman
6	5647.74	Bahaya	28	26542.20	Aman
8	7335.75	Bahaya	30	27266.88	Aman
10	8425.69	Bahaya	32	27594.57	Aman
12	10431.22	Bahaya	34	27813.88	Aman
14	15333.80	Bahaya	36	27128.41	Aman
16	18314.91	Bahaya	38	27764.83	Aman
18	20100.66	Bahaya	40	28454.91	Aman
20	21852.39	Bahaya			

Tabel 4.9 Perhitungan Daya Dukung Aksial Tiang Kelompok Metode Luciano Decourt P6B

Depth	Beban Permanen		Depth	Beban Permanen	
	Qizin group	Kontrol		Qizin group	Kontrol
0	0.00	Bahaya	22	20104.92	Bahaya
2	2975.21	Bahaya	24	22451.50	Bahaya
4	3129.51	Bahaya	26	24999.36	Bahaya
6	3422.60	Bahaya	28	27049.99	Aman
8	3715.70	Bahaya	30	28549.10	Aman
10	4535.02	Bahaya	32	29653.66	Aman
12	6161.28	Bahaya	34	30042.32	Aman
14	10119.22	Bahaya	36	30740.14	Aman
16	12490.64	Bahaya	38	30833.23	Aman
18	14722.78	Bahaya	40	30824.72	Aman
20	17474.63	Bahaya			

➤ Penurunan Pondasi Spun Pile

A. Penurunan Tiang Tunggal Metode Poulos & Davis (1980)

Tabel 4.10 Perhitungan Penurunan Tiang Tunggal Metode Poulos & Davis (1980) P6A dan P6B

Titik	S (mm)	Sizin (mm)	Kontrol
P6A	38	120	Aman
P6B	38	120	Aman

B. Penurunan Tiang Kelompok Metode Vessic (1977)

Tabel 4.11 Perhitungan Penurunan Tiang Kelompok Metode Vessic (1977) P6A dan P6B

Titik	S (mm)	Sizin (mm)	Kontrol
P6A	111.3	160	Aman
P6B	111.3	160	Aman

➤ Penurunan Tiang Kelompok Pondasi Spun Pile Menggunakan Program

A. Penurunan Tiang Kelompok Menggunakan Program Plaxis V.8.6

Tabel 4.12 Perhitungan Penurunan Tiang Kelompok Menggunakan Program Plaxis V.8.6

Titik	Jumlah Tiang	Sg (mm)
P6A	8	86,71
P6B	6	91,72

B. Penurunan Tiang Kelompok Menggunakan Program Allpile

Tabel 4.13 Perhitungan Penurunan Tiang Kelompok Menggunakan Program Allpile

Titik	Sg (mm)	Sgizin (mm)	Kontrol
P6A	78	160	Aman
P6B	92	160	Aman

➤ Pembahasan

- 1.) Hasil dari perhitungan daya dukung tiang tunggal dan kelompok tiang untuk menahan beban aksial sebesar 25543 kN bisa dilihat melalui tabel 4.16, dan tabel 4.17, dengan selisih kurang dari 10%.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang pada Titik P6A

Mrtode	Hasil Perhitungan Daya Dukung		
	Tiang Tunggal (kN)	Tiang Kelompok (kN)	Jumlah Tiang
Mayerhoff (196)	3601.10	28232.59	8
Luciano Decourt	3629.45	28454.91	8
Selisih	1.008%	1.0%	-

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang pada Titik P6B

Mrtode	Hasil Perhitungan Daya Dukung		
	Tiang Tunggal (kN)	Tiang Kelompok (kN)	Jumlah Tiang
Mayerhoff (196)	4650.11	27342.67	6
Luciano Decourt	5242.30	30824.72	6
Selisih	1.127%	1.1%	-

- 2.) Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal metode Vesic (1977) dengan perhitungan menggunakan software Plaxis V.8.6, dan Allpile bisa dilihat melalui tabel 4.18, dengan selisih kurang dari 10%, yang artinya penurunan tiang masih dalam kondisi di-izinkan (Resse & Wright, persamaan 2.22)

Tabel 4.16 Hasil Penurunan Tiang

Metode	Titik Pier	Penurunan Tiang Tunggal (mm)	Penurunan Kelompok Tiang (mm)
Vesic (1977)	P6A	38	111.3
	P6B	38	111.3
Plaxis V.8.6	P6A	-	86.71
	P6B	-	91.72
Allpile	P6A	38	78
	P6B	40	92
Selisih	P6A	0	9%
	P6B	2%	0.3%

5. Kesimpulan dan Saran

➤ Kesimpulan

- 1.) Daya dukung didapat dua nilai yaitu untuk daya dukung tiang tunggal, dan daya dukung tiang kelompok.
 - a) Daya dukung tiang tunggal P6A BH - 88 metode Mayerhoff (1976) sebesar 3601,10 kN, dan metode Luciano Decourt sebesar 3629,45 kN. Daya Dukung tiang tunggal pada P6B BH - 89 metode Mayerhoff (1976) sebesar 4650,11 kN, dan metode Luciano Decourt sebesar 5242,30 kN.
 - b) Daya dukung tiang kelompok P6A BH - 88 metode Mayerhoff (1976) sebesar 28232,59 kN, dan metode Luciano Decourt sebesar 28454,91 kN. Daya Dukung tiang kelompok pada P6B BH - 89 metode Mayerhoff (1976) sebesar 27342,67 kN, dan metode Luciano Decourt sebesar 30824,70 kN.
- 2.) Setelah dibandingkan pada tabel 4.16, dan tabel 4.17 nilai daya dukung pada titik P6A BH - 88 dan P6B BH - 89 dengan menggunakan metode Mayerhoff (1976), dan Luciano Decourt tidak berbeda jauh (selisih kurang dari 10%) nilai daya dukung ijin pada masing - masing titik.
- 3.) Penurunan tiang didapat dua nilai yaitu untuk penurunan tiang tunggal dan penurunan tiang kelompok.
 - a) Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal pada titik P6A BH - 88, dan P6B BH - 89 sebesar 38 cm, yang mana kurang dari 10% x D artinya masih memenuhi izin penurunan (Resse & Wright, persamaan 2.22).
 - b) Hasil perhitungan penurunan tiang kelompok pada titik P6A BH - 88, dan P6B BH - 89 metode Vesic (1977) sebesar 111,3 mm, program Plaxis V.8.6 sebesar 86,71 mm, dan 91,72 mm, program Allpile sebesar 78 mm, dan 92 mm yang mana kurang dari L/250 artinya masih memenuhi izin penurunan (Resse & Wright, persamaan 2.23).
- 4.) Setelah dibandingkan pada tabel 4.18 nilai penurunan tiang tunggal dan kelompok masing - masing titik masih memenuhi izin penurunan tiang (menurut Resse & Wright, persamaan 2.22, dan persamaan 2.23).

➤ Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil tugas akhir, saran terkait perencanaan pondasi yang dapat bermanfaat bagi peneliti selanjutnya.

- 1.) Untuk mencapai perhitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal yang optimal dengan metode Meyerhof (1976) dan Luciano Decourt diperlukan ketelitian dalam memahami data SPT serta memiliki kemampuan dasar yang kuat dalam mekanika tanah.
- 2.) Dalam menganalisa pondasi dengan bantuan program plaxis V.8.6 dan Allpile diperlukan ketelitian dalam menganalisa parameter tanah, dan permodelan yang dipakai. bisa menggunakan permodelan soft soil dan hardening soil agar mendapatkan hasil yang maksimal.

➤ Daftar Pustaka

- Ahmad, R., Okvian, H., & Wijaya, C. (n.d.). *ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI DALAM GEDUNG SHOWROOM WISMA SEHATI SEMARANG* Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan Program Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Disusun Oleh.
- Alysha, Z. (n.d.). *PENGARUH VARIASI DIMENSI TIANG BOR TERHADAP KAPASITAS DUKUNG AKSIAL, KAPASITAS DUKUNG LATERAL DAN PENURUNAN (THE EFFECT OF DIMENSIONS VARIATIONS ON AXIAL BEARING CAPACITY, LATERAL BEARING CAPACITY AND SETTLEMENT)*.
- Cipta Di Lindungi Undang-Undang -----, H. (n.d.). *ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORE PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN MENARA MASJID AGUNG KOTA MEDAN SKRIPSI OLEH: YOSAFAT MARTUPA SIREGAR 188110146 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN 2023*.
- Fadilla, R. N., & Pradiptiya, A. (2022). Analisis Daya Dukung Pondasi Spun Pile Dievaluasi Dengan Kalendering Dan PDA. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 3(2), 18-25. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i2.394>
- Fahriani, F., & Apriyanti, Y. (n.d.). *ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH DAN PENURUNAN PONDASI PADA DAERAH PESISIR PANTAI UTARA KABUPATEN BANGKA*. In *Jurnal*.
- Hirwo, N. (n.d.). *REVIEW PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG, BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN BORE PILE DAN PEMANCANGAN SPUN PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN KAWANA GOLF RESIDENCE JABABEKA CIKARANG JAWA BARAT*.
- Kartikasari, D., & Sanhadi, Deny. (n.d.). *STUDI EVALUASI PONDASI TIANG PANCANG (SPUN PILE) DENGAN PONDASI TIANG BOR (BORED PILE) PADA GEDUNG KANTOR PEMERINTAH KABUPATEN LAMONGAN*.
- Pembangunan, P. P., Lingkar, J., Barat, L., Surabaya, J., Aulia, B., Farnetta, V., &

Risdianto, Y. (n.d.). *Analisis Daya Dukung Spun Pile ANALISIS DAYA DUKUNG SPUN PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN LINGKAR LUAR BARAT (JLLB) SURABAYA.*

Rahman, A., Cahyadi, H., Arsyad Al Banjari Banjarmasin, M., & Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin, I. (n.d.). *ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE MENGGUNAKAN DATA SONDIR DAN SPT PADA PROYEK PEMBANGUNAN RESERVOIR SUNGAI LOBAN.*

Ria Bela, K., & Sianto, P. (2022). PENYELIDIKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE UJI SONDIR. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(1).

Subardja, D. S., Ritung, S., Anda, M., Suryani, E., & Subandiono, R. E. (n.d.). *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. <http://bbsdlp.litbang.pertanian.go.id>