

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE TERHADAP RISIKO KEGAGALAN AKIBAT TANAH LUNAK GEDUNG RUMAH SAKIT PENDIDIKAN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG

Tria Agustin¹, Gayuh Aji Prasetyaningtyas²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani No.157, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah 57162

*Email: d100190288@student.ums.ac.id, gap@ums.ac.id

Abstrak

Proyek pembangunan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Muhammadiyah dibangun dengan menggunakan fondasi bored pile. Dengan adanya kondisi tanah lunak maka perlu dipertimbangkan kekuatan fondasi bored pile nya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis risiko kegagalan terhadap daya dukung fondasi bored pile akibat pengaruh tanah lunak pada pembangunan Gedung RSP Universitas Muhammadiyah Semarang. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung daya dukung fondasi tiang bor menggunakan data Standart Penetration test (N-SPT). Dari kondisi tanah lunak di lapangan kita perlu melakukan perhitungan kekuatan daya dukung fondasi yang digunakan dengan menggunakan metode Reese & Wright. Untuk perhitungan analisis pembebanan digunakan software SAP2000 v14. Hasil analisa dan perhitungan daya dukung tiang dari data Standart Penetration test (N-SPT) dengan kedalaman 18 m dan diameter 80 cm, berdasarkan Metode Reese & Wright 1977, daya dukung tiang tunggal (Q_{ijin}) sebesar 355,230 ton. Manfaat dari penelitian ini dapat menganalisis daya dukung fondasi proyek rumah sakit universitas Muhammadiyah semarang dengan bored pile kedalaman 18 m dengan dimensi bored pile sebesar 80 cm dengan data pengujian Standart Penetration test (N-SPT).

Kata Kunci: Bored Pile, Daya Dukung, Metode Meyerhof dan Reese & Wright, dan SAP2000.

Abstract

The Muhammadiyah University Teaching Hospital construction project was built using a bored pile foundation. With the existence of soft soil conditions, it is necessary to consider the strength of the bored pile foundation. The purpose of this study was to analyze the risk of failure of the bearing capacity of the bored pile foundation due to the influence of soft soil on the construction of the Muhammadiyah University Semarang Teaching Hospital building. This research was conducted by calculating the bearing capacity of drilled pile foundations using the Standard Penetration Test (N-SPT) data. From the soft soil conditions in the field, we need to calculate the bearing capacity of the foundation used using the Reese & Wright method. For the calculation of the loading analysis, the SAP2000 v14 software is used. The results of the analysis and calculation of the pile bearing capacity from the Standard Penetration test (N-SPT) data with a depth of 18 m and a diameter of 80 cm, based on the Reese & Wright 1977 method, the carrying capacity of a single pile (Q_{permit}) is 355,230 tons. The benefit of this research is to analyze the carrying capacity of the foundation of the Muhammadiyah University Hospital Semarang project with bored piles of 18 m depth with bored pile dimensions of 80 cm with Standard Penetration test (N-SPT) test data.

Keywords: Bored Pile, Carrying Capacity, Meyerhof and Reese & Wright Method, and SAP2000

1. PENDAHULUAN

Pembangunan proyek Rumah Sakit Pendidikan Universitas Muhammadiyah Semarang dibangun menggunakan struktur fondasi bored pile dengan kondisi tanah lunak atau berlempung. Dari fondasi bored pile diketahui kedalaman fondasi yang digunakan yaitu 18 m dengan diameter fondasi 60 cm. Ketebalan tanah lunak menyebabkan masalah yang lebih besar dari fondasi bore pile. Dari masalah tanah lunak ini menyebabkan penurunan konsolidasi. Dan dari kondisi di lapangan penanganannya menggunakan fondasi bore pile.

Tanah kohesif atau tanah lempung yaitu tanah yang berada dibawah permukaan tanah dan mempunyai sifat sangat keras. Dalam membangun bangunan atau gedung di tanah lempung harus memperhatikan bersarnya penurunan pada tanah. Penurunan atau pemampatan merupakan hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan fondasi terutama fondasi yang diletakkan diatas tanah lempung. Karena apabila hal ini tidak diperhatikan akan berakibat kegagalan pada struktur.

Oleh sebab itu pada penelitian kali ini diameter pondasi bored pile diperbesar agar dapat mengantisipasi terjadinya penurunan berlebih. Penelitian ini dibatasi untuk perhitungan daya

dukung akibat perubahan diameter dari *bored pile*. Dengan harapan dengan pondasi bored pile yang diperbesar dapat mengurangi penurunan yang terjadi.

Pada dokumen perencanaan perhitungan struktur proyek Rumah Sakit Pendidikan UNIMUS pembebanan menggunakan software SAP2000 didapatkan beban maksimum Aksial tekan sebesar 1003.047 ton, beban maksimum Aksial tarik sebesar 427.961 ton. Momen maksimum arah x dan y sebesar 280,521 Ton dan 999,743 Ton dengan merencanakan pondasi *bored pile* diameter 60 cm saja tapi tidak menggunakan diameter 80 cm. Maka dalam penelitian ini akan dibuat dengan menggunakan diameter 80 cm untuk menganalisis daya dukung fondasi tiang bor (*bored pile*). Metode yang digunakan yaitu metode Reese & Wright dengan daya dukung total sebesar 355,23 ton. Besar penurunan yang terjadi sebesar 5,728 cm untuk tiang tunggal dan 3,22 cm untuk tiang kelompok.

(Yelvi, 2022) melakukan analisis mengenai perbandingan hasil perhitungan dari dua metode yaitu metode reese & wright dan metode meyerhof terhadap daya dukung fondasi tiang bor dengan menggunakan hasil uji *Satandart Penetration Test* (SPT), digunakan *bored pile* berdiameter 1 m dengan kedalaman 15 m dari variable berikut didapat perbandingan dengan hasil 0,478:1. Dari perhitungan dua metode diperoleh hasil stabil dan dapat dikategorikan $P_{maks} < Q_{ijin}$ tunggal.

Dalam penelitian akan dibahas daya dukung pondasi *bored pile* dengan menggunakan metode Reese & Wright dari data uji *Standart Penetration Test* (N-SPT). Dan juga digunakan metode Meyerhof untuk penentuan daya ijin Tarik tiang. Dengan menggunakan kedua metode ini didapatkan daya dukung yang terdiri atas daya dukung tiang tarik, daya dukung ultimate, daya dukung izin, dan lain-lain.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pembangunan proyek Rumah Sakit Pendidikan UNIMUS berlokasi di Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Semarang, Jl. Kedungmundu Raya No.18. Dengan luas lahan yaitu 2,5 hektar dan luas bangunan gedung C 2000 m².

Penelitian kali ini adalah berupa perencanaan pondasi tiang bor dengan digunakan metode Reese & Wright untuk perhitungan daya dukung fondasi nya dan dengan data uji *Standart Penetration Test* (N-SPT).

Fondasi tiang bor direncanakan berdiameter 60 dan 80 cm yang ditanam pada

kedalaman 18 m yang berarti pengeboran mencapai tanah keras. Dan data tanah bangunan Gedung RSP UNIMUS Semarang diperoleh dari Pengujian *Standart Penetration Test* (N-SPT).

Metode Meyerhoff

Dengan menggunakan metode Meyerhof dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{FK_1} + \frac{\sum L_i f_i \times A_{st}}{FK_2} \quad (1)$$

Dengan :

- P_a = daya dukung ijin tekan tiang
- q_c = 20N untuk silt/clay dan 40N untuk sand
- N = Nilai N SPT
- A_p = luas penampang tiang
- A_{st} = keliling penampang tiang
- L_i = panjang segmen tiang yang ditinjau
- f_i = gaya geser pada selimut segmen tiang
= N maksimum 12 ton/m² untuk silt/clay
= N/5 maksimum 10 ton/m² untuk sand
- FK_1 = FK_2 = faktor keamanan, 3 dan 5

$$P_{ta} = \frac{(\sum L_i f_i \times A_{st}) \times 0,70}{FK_2} + W_p \quad (2)$$

Dengan :

- P_{ta} = daya dukung ijin tarik tiang (kg)
- A_{st} = keliling penampang tiang
- L_i = panjang segmen tiang yang ditinjau
- f_i = gaya geser pada permukaan segmen tiang
- W_p = berat pondasi (kg)

$$np = \frac{P}{P_{all}} \quad (3)$$

Dengan :

- N_p = jumlah tiang
- P = gaya aksial yang terjadi
- P_{all} = daya dukung ijin tiang

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (4)$$

Dengan :

- E_g = efisiensi kelompok tiang
- θ = arc tg (D/s) (derajat)
- D = ukuran penampang tiang
- s = jarak antar tiang (as ke as)
- m = jumlah tiang dalam 1 kolom
- n = jumlah tiang dalam 1 baris

Daya dukung kelompok tiang =

$$= E_g \times \text{jumlah pile} \times \text{daya dukung tiang} \quad (5)$$

$$P_{maks} = \frac{P_u}{n_p} \pm \frac{M_y \times X_{max}}{n_y \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{max}}{n_x \sum Y^2} \quad (6)$$

Dengan :

- P_{maks} = Beban maksimum tiang
- P_u = Gaya aksial yang terjadi (terfaktor)
- M_y = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y
- M_x = Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x
- X_{max} = Jarak tiang arah sumbu x terjauh
- Y_{max} = Jarak tiang arah sumbu y terjauh
- $\sum X^2$ = Jumlah kuadrat X
- $\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat Y
- N_x = Banyak tiang dalam satu baris arah sumbu x
- N_y = Banyak tiang dalam satu baris arah sumbu y

Daya Dukung Ijin Tekan Tiang Menurut Reese & Wright 1977

Tanah kohesif (lempung dan lanau)

$$Q_p = A_p \cdot q_p \quad (7)$$

Tanah non kohesif (pasir dan kerikil)

$$Q_p = 7 \times \left(\frac{N_1 + N_2}{2} \right) \times A_p \quad (8)$$

Dengan :

- Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)
- A_p = Luas Penampang bored pile (m²)
- q_p = Tahanan ujung tiang (ton/m²)
- Li = Tebal tanah (m)
- q_p = 9.Cu (tanah kohesif)
- Cu = N-SPT.2/3.10 (kN/m²)

Daya dukung selimut bored pile

$$Q_s = f \cdot Li \cdot p \quad (9)$$

$f = \alpha \cdot Cu$ (untuk kohesif)

$f = \alpha \cdot N-SPT$ (untuk non kohesif)

p = keliling penampang bored pile (m)

Dengan :

f = Gesekan selimut tiang (ton/m²)

α = Faktor adhesi

- 0.32 (untuk tanah non kohesif)

- 0.55 (untuk tanah kohesif)

Daya dukung ultimit

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (10)$$

Daya dukung ijin

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (11)$$

(SF menurut Reese & O'Neill 1977 = 2.5)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya dukung ijin tiang tekan

$D = 80$ cm

$$A_p = \frac{(0.25 \times 3.14 \times D^2)}{10000} = \frac{(0.25 \times 3.14 \times 80^2)}{10000} = 0.5024 \text{ m}^2$$

$$A_{st} = \frac{(3.14 \times D)}{100} = \frac{(3.14 \times 80)}{100} = 2.512 \text{ m'}$$

Tabel 1

No.	Jenis Tanah	Sifat Tanah	Kedalaman (m)	Dia. (m)	Keliling (m')	Luas (m ²)	Li (m)	N-SP T	Cu (ton/m ²)	α	f (ton/m ²)
1	Clay	Kohesif	0				0	0	0	0	0
2	Clay	Kohesif	2				2	11	7.33	0.55	4.03
3	Clay	Kohesif	4				2	37	24.67	0.55	13.57
4	Clay	Kohesif	6				2	29	19.33	0.55	10.63
5	Clay	Kohesif	8				2	34	22.67	0.55	12.47
6	Clay	Kohesif	10	0.8	2.512	0.5024	2	38	25.33	0.55	13.93
7	Clay	Kohesif	12				2	44	29.33	0.55	16.13
8	Sand	Non Kohesif	14				2	55	-	0.32	17.60
9	Sand	Non Kohesif	16				2	40	-	0.32	12.80

10	Sand	Non Kohesif	18	2	70	-	0.32	22.40
11	Sand	Non Kohesif	20	2	82	-	0.32	26.24
12	Sand	Non Kohesif	22	2	63	-	0.32	20.16

Lanjutan Tabel 1

Qs tahanan kulit (ton)		qp (ton/m ²)	Qp (tahanan ujung) (ton)	Qult (ton)	Q ijin (ton)
Lokal	Kumulatif				
0	0	0	0	0	0
20.263	20.263	66	0	20.263	8.105
68.159	88.422	222	111.5328	199.955	79.982
53.422	141.844	174	87.4176	229.262	91.705
62.633	204.477	204	102.4896	306.966	122.787
70.001	274.478	228	114.5472	389.025	155.610
81.054	355.532	264	132.6336	488.165	195.266
88.422	443.954	-	167.048	611.002	244.401
64.307	508.261	-	193.424	701.685	280.674
112.538	620.799	-	267.2768	888.076	355.230
131.830	752.629	-	254.968	1007.597	403.039
101.284	853.913	-			

Kedalaman = 18 m

Qp = 267.2768 ton

Daya dukung selimut bored pile :

Daya dukung ultimit :

$$Q_s = f \cdot L_i \cdot p$$

$$Q_s = 22.40 \cdot 2 \cdot 2.512$$

$$Q_s = 112.538 \text{ ton}$$

$$Q_{s_{\text{kumulatif}}} = 112.538 + 508.261 \\ = 620.799 \text{ ton}$$

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = 267.2768 + 620.799$$

$$Q_u = 888.076 \text{ ton}$$

Daya dukung ijin :

Daya dukung ujung bored pile :

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

$$Q_{all} = \frac{888.076}{2.5}$$

$$Q_{all} = 355.230 \text{ ton}$$

$$Q_p = 7 \times \left(\frac{N_1 + N_2}{2} \right) \times A_p$$

$$Q_p = 7 \times \left(\frac{70 + 82}{2} \right) \times 0.5024$$

Tabel 2
Daya dukung ijin tiang tarik

Kedalaman (m)	Li (m)	Jenis Tanah Clay / Sand (C/S)	N-SPT (N)	qc (t/m ²)	Ap (m ²)	Ast (m')	fi (t/m ²)	Li x fi (t/m)	Σ(Li x fi) (t/m)	P allowable Tarik (ton)	Wp (ton)
0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00
2	2	c	0	0	0.5024	2.512	0	0	0	2.41	2.41
4	2	c	0	0	0.5024	2.512	12	24	24	13.26	4.82
6	2	c	0	0	0.5024	2.512	12	24	48	24.12	7.23
8	2	c	34	20	0.5024	2.512	12	24	72	34.97	9.65
10	2	c	38	20	0.5024	2.512	12	24	96	45.82	12.06
12	2	c	44	20	0.5024	2.512	12	24	120	56.67	14.47
14	2	s	55	40	0.5024	2.512	10	20	140	66.12	16.88
16	2	s	40	40	0.5024	2.512	8	16	156	74.15	19.29
18	2	s	70	40	0.5024	2.512	10	20	176	83.60	21.70
20	2	s	82	40	0.5024	2.512	10	20	196	93.04	24.12
22	2	s	63	40	0.5024	2.512	10	20	216	102.49	26.53
24	2	s	86	40	0.5024	2.512	10	20	236	111.93	28.94
26	2	s	50	40	0.5024	2.512	10	20	256	121.38	31.35
28	2	s	50	40	0.5024	2.512	10	20	276	130.82	33.76
30	2	s	38	40	0.5024	2.512	7.6	15.2	291.2	138.58	36.17
32	2	c	60	20	0.5024	2.512	12	24	315.2	149.43	38.58
34	2	c	60	20	0.5024	2.512	12	24	339.2	160.29	41.00
36	2	s	60	40	0.5024	2.512	10	20	359.2	169.73	43.41
38	2	s	60	40	0.5024	2.512	10	20	379.2	179.18	45.82
40	2	c	60	20	0.5024	2.512	12	24	403.2	190.03	48.23

Kedalaman = 18 m

Daya dukung ijin tarik tiang :

$$P_{ta} = \frac{(\sum L_i f_i \times A_{st}) \times 0,70}{FK2} + W_p$$

$$P_{ta} = \frac{(176 \times 2.512) \times 0,70}{5} + 21.70$$

$$P_{ta} = 83.60 \text{ ton}$$

Jumlah tiang yang diperlukan

Aksial Tekan = 1003.047 ton
 Aksial Tarik = 427.961 ton
 Momen arah X (Mx) = 280.521 ton.m
 Momen arah Y (My) = 999.743 ton.m

$$np \text{ (tahan tekan)} = \frac{\text{Aksial tekan}}{\text{Daya dukung ijin tekan tiang}} = \frac{1003.047}{355.23} = 2.824 \text{ buah}$$

$$np \text{ (tahan tarik)} = \frac{\text{Aksial tarik}}{\text{Daya dukung ijin tarik tiang}} = \frac{427.961}{83.60} = 5.119 \text{ buah}$$

np (maks) = 6 buah

Efisiensi Kelompok Tiang

D = 80 cm
 s = 200 cm
 (arah x) m = 3 buah
 (arah y) n = 3 buah

$$\theta = \frac{\tan(\frac{D}{S})}{1.571}$$

$$Eg = 1 - \theta^{\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n}}$$

$$= 1 - 0.242^{\frac{(3-1)3 + (3-1)3}{3 \times 3}} = 0.678\%$$

Daya dukung kelompok tiang

$$\begin{aligned}
 &= E_g \times \text{jumlah pile} \times \text{daya dukung tiang} \\
 &= 0.678 \times 6 \times 355.23 \\
 &= 1444.077 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{tekan} &= 1444.077 > 1003.047 \\
 \text{tarik} &= 1444.077 > 427.961
 \end{aligned}$$

Beban Maksimum Diterima Tiang

$$\begin{aligned}
 P_u &= 1003.047 \text{ ton} \\
 n_p &= 6 \text{ buah} \\
 M_x &= 280.521 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 999.743 \text{ ton.m} \\
 \text{ijin tekan} &= 355.23 \text{ ton} \\
 \text{ijin tarik} &= 83.60 \text{ ton} \\
 X_{\text{max}} &= 4 \text{ m} \\
 Y_{\text{max}} &= 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum X^2 &= m^2 \times X_{\text{max}}^2 = 3^2 \times 4^2 = 144 \text{ m}^2 \\
 \sum Y^2 &= n^2 \times Y_{\text{max}}^2 = 3^2 \times 4^2 = 144 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{maks}} &= \frac{P_u}{n_p} \pm \frac{M_y \times X_{\text{max}}}{n_y \sum X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\text{max}}}{n_x \sum Y^2} \\
 P_{\text{maks}} &= \frac{1003.047}{6} \pm \frac{999.743 \times 4}{3 \times 144} \pm \frac{280.521 \times 4}{3 \times 144} \\
 P_{\text{maks}} &= 179.029 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y \text{ maks} &= \frac{M_y \times X_{\text{max}}}{n \times \sum X^2} \\
 M_y \text{ maks} &= \frac{999.743 \times 4}{3 \times 144} = 9.257 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x \text{ maks} &= \frac{M_x \times Y_{\text{max}}}{m \times \sum Y^2} \\
 M_x \text{ maks} &= \frac{280.521 \times 4}{3 \times 144} = 2.597 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

1 Tiang memikul beban pada kelompok tiang sebesar = 179.029 ton

$$\begin{aligned}
 P_{\text{maks}} &< \text{Tekan Ijin} \\
 179.029 &< 355.23 \text{ ton} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perhitungan dengan metode Reese & Wright dan pembahasan yang telah ditunjukkan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini :

- (1) Hasil perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode reese & O'Neill pada kedalaman 18 m diperoleh nilai daya dukung total sebesar 355,230 Ton.

- (2) Hasil perhitungan daya dukung ijin tiang tarik dengan metode Reese & O'Neill pada kedalaman 18 m diperoleh nilai ijin sebesar 83,60 Ton.
- (3) Jumlah tiang yang diperlukan dalam penerapan pondasi kedalaman 18 meter sejumlah 6 buah tiang dengan diameter 80 cm.
- (4) Nilai efisiensi kelompok tiang yang diperoleh adalah sebesar 0,678% atau 67,8%, sehingga kapasitas total kelompok tiang diperoleh sebesar 1444,077 Ton.
- (5) Beban maksimum yang dipikul atau diterima oleh 1 (satu) buah tiang yaitu sebesar 179,029 Ton.
- (6) Sistem pondasi dengan kedalaman 18 meter dengan 6 tiang diameter 80 cm aman, dikarenakan kapasitas daya dukung tiang tunggal dan kapasitas daya dukung kelompok tiang lebih besar, daripada gaya-gaya yang terjadi akibat pembebanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, A. &. (2017). Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bawen-Salatiga Paket 3.1. *Doctoral dissertation, Fakultas Teknik UNISSULA*.
- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.
- Fadilah, U. N. (2018). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT menurut Rumus Reese & Wright dan Penurunan. *IKRAITH-Teknologi*, 2(3), 7-13.
- Girsang, P. (2009). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tunggal Pada Proyek Pembangunan Gedung Crystal Square Jl. Imam Bonjol No.6 Medan. *Program Pendidikan Ekstension Medan: Universitas Sumatera Utara*.
- UNIMUS, T. T. (2023). *Dokumen Perencanaan Struktur RS UNIMUS*. Semarang: Proyek Rumah Sakit Pendidikan UNIMUS.
- Yelvi, Y. H. (2022). Perbandingan Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Menggunakan Metode Reese & Wright Dan Meyerhof. *Construction and Material Journal*, 4(3), 191-198.