

**ANALISIS KAPASITAS DUKUNG TIANG BOR  
PADA TANAH GRANULER  
(STUDI KASUS: PROYEK TOL SEMARANG – BATANG STA. 375+000 – STA. 449+200)**

**Muhammad Sobari**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Email: m.sobari.95@gmail.com

**Abstrak**

Jalan Tol Semarang–Batang adalah jalan tol yang terbentang sepanjang 75 kilometer yang menghubungkan antara Kota Semarang dengan Kabupaten Batang, Jawa Tengah. Jalan tol ini merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Jawa yang menghubungkan Merak, Banten hingga Banyuwangi, Jawa Timur. Dalam penelitian ini akan menganalisis salah satu bagian dari sebuah konstruksi yaitu fondasi. Fondasi adalah bagian yang penting dalam sebuah konstruksi, termasuk jalan dan jembatan. Karena itu perhitungan untuk menghitung daya dukung fondasi sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung fondasi tiang bor. Metode pada penelitian ini menggunakan Metode O'Neill dan Reese dan juga Metode Poulus dan Davis. Hasil dari perhitungan Metode O'Neill dan Reese didapati nilai daya dukung ( $Q_u$ ) sebesar 10408,11 kN dan Metode Poulus dan Davis didapati nilai daya dukung ( $Q_u$ ) sebesar 18773,98 kN. Dari hasil penelitian ini didapati perbedaan hasil daya dukung ( $Q_u$ ) antara 2 metode tersebut.

**Kata kunci:** *Tiang bor, Poulus dan Davis, O'Neill dan Reese*

**Abstract**

Semarang-Batang Toll Road is a toll road that runs for 75 kilometers that connects Semarang City with Batang Regency, Central Java. This toll road is part of the Trans Java Toll Road that connects Merak, Banten to Banyuwangi, East Java. In this study will analyze one part of a construction that is the foundation. Foundations are an important part of construction, including roads and bridges. Therefore the calculation to calculate the carrying capacity of the foundation is very important. This study aims to determine the carrying capacity of the bored pile foundation. The method in this study uses the O'Neill and Reese Method and also the Poulus and Davis Method. The results of the calculation of the O'Neill and Reese Method were found to be carrying capacity ( $Q_u$ ) of 10408.11 kN and the Poulus and Davis Method found a carrying capacity value ( $Q_u$ ) of 18773.98 kN. From the results of this study found differences in carrying capacity ( $Q_u$ ) between the two methods.

**Keywords:** *Bore Pile, Poulus dan Davis, O'Neill dan Reese*

## 1. PENDAHULUAN

Jalan Tol Semarang–Batang adalah jalan tol yang terbentang sepanjang 75 kilometer yang menghubungkan antara Kota Semarang dengan Kabupaten Batang, Jawa Tengah. Jalan tol ini merupakan bagian dari Jalan Tol Trans Jawa yang menghubungkan Merak, Banten hingga Banyuwangi, Jawa Timur. Jalan Tol Semarang-Batang dibagi menjadi lima seksi, yakni seksi 1 Batang-Batang Timur (3,20 Km), seksi 2 Batang Timur-Weleri (36,35 Km), seksi 3 Weleri-Kendal (11,05 Km), seksi 4 Kendal-Kaliwungu (13,50 Km), dan seksi 5 Kaliwungu-Krapyak (10,10 Km). Proyek tol ini dimulai pembangunannya dengan ground breaking oleh Presiden Joko Widodo pada 17 Juni 2016.

Fondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah fondasi. Berdasarkan kedalamannya, fondasi dibagi menjadi dua yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras atau batuan berada pada posisi yang dalam. Jenis fondasi dalam secara garis besar ada 2 yaitu fondasi tiang pancang dan fondasi tiang bor.

Adapun jenis fondasi yang digunakan pada pembangunan Jalan Tol Semarang Batang Seksi 4 dan Seksi 5 yaitu fondasi tiang bor. Daya dukung fondasi tiang bor diperoleh dari daya dukung ujung yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara tiang bor dan tanah disekelilingnya.

Diterima 07/04/2020, Direvisi 07/05/2020, Disetujui untuk publikasi 09/05/2020.

Diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, UTA'45 Jakarta, ISSN: 2502-8456 (media online)

Permasalahan fondasi dalam lebih rumit dari pada pondasi dangkal. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu perencanaan yang matang untuk menghitung kuat daya dukung fondasi. Daya dukung fondasi pada tanah perlu dianalisis agar dapat menahan beban konstruksi yang direncanakan sehingga tidak mengalami penurunan yang berlebihan.

Tiang bor berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang bisa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung bored pile yaitu dengan metode statis dan dinamis.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Pengumpulan Data

Mengumpulkan dan mempelajari bahan bacaan dalam bentuk buku maupun jurnal ilmiah yang berhubungan dengan Skripsi ini. Subjek pada penulisan Skripsi ini adalah pembangunan Jalan Tol Semarang Batang Seksi 4 dan Seksi 5. Data yang diperlukan untuk penulisan Tugas Akhir ini didapatkan dari PT. JASAMARGA SEMARANG BATANG selaku owner pada proyek tersebut.

### 2.2 Metode

Dalam penelitian ini digunakan 2 metode yaitu metode O'Neill dan Reese dan metode Poulos dan Davis.

## 3. PERHITUNGAN

### 3.1 Metode O'Neill dan Reese

1. Tahanan ujung ultimit

Luas dasar tiang:

$$A_b = 1/4 \pi d^2$$

$$A_b = 1/4 \times \pi \times 1 = 0,785 \text{ m}^2$$

Tahanan ujung ultimit

$$f_b = 0,60 \sigma_r N_{60} \leq 4500 \text{ kPa}$$

$$f_b = 0,60 \times 100 \times 21 = 1248,482 \text{ kPa}$$

$$Q_b = A_b f_b$$

$$Q_b = 0,785 \times 1248,482 = 980,058 \text{ kN}$$

2. Tahanan gesek ultimit

Tekanan overburden efektif

$$p_o' = \text{ketebalan lapisan tanah} \times \gamma_b$$

$$p_o' = 1 \times 14,459 = 14,459 \text{ kN/m}^2$$

Faktor koreksi terhadap tegangan vertical efektif

$$C_N = \frac{2,2}{(1,2 + \left(\frac{\sigma_{vo'}}{p_a}\right))}$$

$$C_N = \frac{2,2}{(1,2 + \left(\frac{14,459}{100}\right))} = 1,636$$

Nilai SPT terkoreksi

$$N_{60} = N_M \times C_N \times C_E \times C_B \times C_R \times C_S$$

$$N_{60} = 7 \times 1,636 \times 1 \times 1,15 \times 1 \times 1 = 13$$

Berat volume tanah

Tabel 4.1 Hubungan antara N dan berat isi

Tanah Tidak Kohesif	Harga N	< 10	10 – 30	30 – 50	> 50
	Berat isi $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
Tanah Kohesif	Harga N	< 4	4 – 6 6 – 15	16 – 25	> 25
	Berat isi $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	14 – 18	16 – 18	16 – 18	> 20

$$\gamma = \frac{N_x - N_b}{N_a - N_b} \gamma_a + \frac{N_x - N_a}{N_b - N_a} \gamma_b$$

$$\gamma = \frac{13 - 30}{11 - 30} 14 + \frac{13 - 11}{30 - 11} 18 = 14,459$$

Mencari  $A_s$

$A_s = \text{keliling tiang} (\pi d) \times \text{ketebalan lapisan}$

$$A_s = (\pi \times 1) \times 1 = 3,14 m^2$$

Mencari  $p_o'$  rata-rata

Lapisan pertama

$$p_o' \text{ rata-rata} = 1/2 \times p_o'$$

$$p_o' \text{ rata-rata} = 1/2 \times 14,459 = 7,22 kN/m^2$$

Lapisan selanjutnya

$$p_o' \text{ rata-rata} = 1/2 \times (p_o' + p_o' \text{ lapisan sebelumnya})$$

$$p_o' \text{ rata-rata} = 1/2 \times (30,744 + 14,459) = 22,601 kN/m^2$$

Mencari  $z$

Lapisan pertama

$$z = \text{tebal lapisan}/2$$

$$z = 1/2 = 0,5$$

Lapisan selanjutnya

$$z = (\text{tebal lapisan}/2) + \text{tebal lapisan sebelumnya}$$

$$z = (1/2) + 1 = 1,5$$

Mencari  $\beta$

$$\beta = \frac{N_{60}}{15} (1,5 - 0,245\sqrt{z}) \quad \text{untuk } N_{60} < 15$$

$$\beta = \frac{13}{15} (1,5 - 0,245\sqrt{0,5}) = 1,165$$

$$\beta = 1,5 - 0,245\sqrt{z} \quad \text{untuk } N_{60} \geq 15$$

$$\beta = 1,5 - 0,245\sqrt{1,5} = 1,199$$

Mencari  $\Delta Q_s$

$$\Delta Q_s = A_s \beta p_o'$$

$$\Delta Q_s = 3,14 \times 1,165 \times 14,459 = 26,461 \text{ kN}$$

Semua lapisan dijumlahkan untuk mendapatkan  $Q_s$

$Q_s$  yang didapat adalah 10181,65 kN

3. Kapasitas dukung ultimit neto

$$w_p = 1/4 \pi d^2 L$$

$$w_p = 1/4 \times \pi \times 30 = 753,6 \text{ kN}$$

$$Q_u = Q_b + Q_s - w_p$$

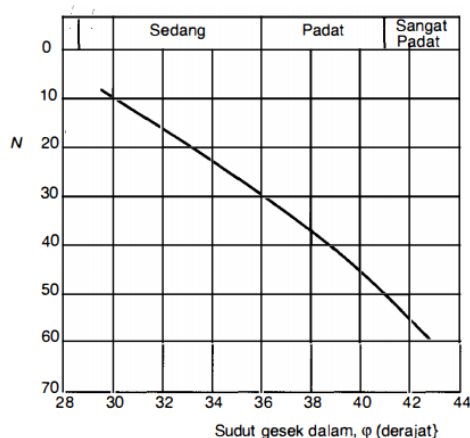
$$Q_u = 980,058 + 10181,65 - 753,6 = 10408,11 \text{ kN}$$

Kapasitas dukung ultimit yang didapat adalah 10408,11 kN

### 3.2 Metode Poulos dan Davis

1. Tahanan ujung ultimit

Mencari  $\varphi' = \varphi_1'$



Gambar 4.1 Hubungan  $\varphi'$  dan N-SPT

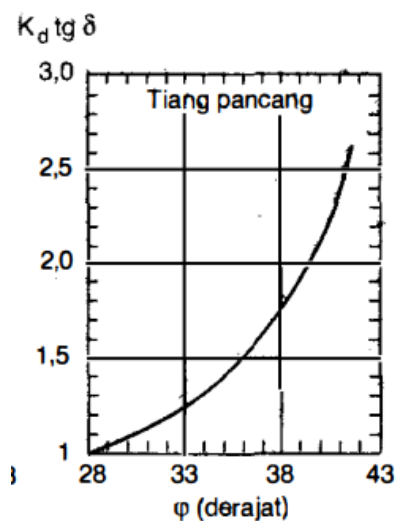
Untuk menemukan  $\varphi' = \varphi_1'$  menggunakan gambar diatas dan N-terkoreksi

$$\text{Mencari } \varphi' = 3/4 \varphi_1' + 10^\circ$$

$$\varphi' = 3/4 \varphi_1' + 10^\circ$$

$$\varphi' = 3/4 \times 30^\circ + 10^\circ = 32,5^\circ$$

Mencari  $K_d \text{ tg } \delta$



Gambar 4.2 Hubungan  $K_d \text{ tg } \delta$  terhadap  $\varphi'$

Untuk mencari  $K_d \text{ tg } \delta$  menggunakan gambar diatas dan  $\varphi'$

Menghitung  $p_o'$

$$p_o' = z_1 \times \gamma_{b1} + z_2 \times \gamma_{b2} + \dots + z_7 \times \gamma_{b7}$$

$$= 1 \times 14,459 + 1 \times 16,286 + 1 \times 16,786 + 1 \times 17,186 + 1 \times 16,734 + 1 \times 16,359 + 1 \times 15,817 = 113,626 \text{ kN/m}^2$$

Tahan ujung ultimit

$$\varphi' = 1/2(\varphi_1' + 40^\circ)$$

$$\varphi' = 1/2(33 + 40^\circ) = 36,5^\circ$$

$$\frac{L}{d} = \frac{30}{1} = 30$$

Dari  $\frac{L}{d} = 30$  diperoleh  $N_q = 20$  menggunakan Gambar 2.7

$$A_b = 1/4 \times \pi \times d^2$$

$$A_b = 1/4 \times \pi \times 1^2 = 0,785 \text{ m}^2$$

$$Q_b = A_b p_o' N_q$$

$$Q_b = 0,785 \times 113,626 \times 20 = 1783,942 \text{ kN}$$

2. Tahanan gesek ultimit

$$\text{keliling tiang} = \pi d = \pi \times 1 = 3,14$$

$A_s = \text{keliling tiang} \times \text{tebal lapisan}$

$$A_s = 3,14 \times 1 = 3,14$$

$Q_s = A_s K_a \text{tg } \delta \frac{1}{2} \varphi'$  untuk lapisan pertama

$$Q_s = 3,14 \times 1,2 \times \frac{1}{2} \times 36,5 = 68,766 \text{ kN}$$

$Q_s = A_s K_a \text{tg } \delta \frac{1}{2} p_o'$  lapisan selanjutnya

$$Q_s = 3,14 \times 1,25 \times \frac{1}{2} \times 113,626 = 445,985 \text{ kN}$$

Hasil dari setiap lapisan dijumlahkan untuk mendapatkan  $Q_s$

$Q_s$  yang didapat adalah 17788,04 kN

3. Kapasitas dukung ultimit

$W_p = L \times \text{berat per meter}$

$$W_p = 30 \times 26,6 = 798 \text{ kN}$$

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$Q_u = 1783,942 + 17788,04 - 798 = 18773,98 \text{ kN}$$

Kapasitas dukung ultimit yang didapat adalah 18773,98 kN

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

1. Nilai kapasitas dukung ultimit ( $Q_u$ ) yang diperoleh dari metode O'Neill dan Reese dan metode Paulus dan Davis memiliki perbedaan.
2. Nilai kapasitas dukung ultimit ( $Q_u$ ) dari metode O'Neill dan Reese adalah 10408,11 kN dan nilai kapasitas dukung ultimit ( $Q_u$ ) dari metode Paulus dan Davis adalah 18773,98 kN.
3. Perhitungan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) untuk proyek pembuatan tiang bor sebanyak 32 unit, dengan rincian 16 unit tiang dengan kedalaman 18 m diameter 1 m dan 16 unit dengan kedalaman 30 m diameter 1 m ditetapkan sebesar Rp 2.660.660.300,00.

##### 4.2 Saran

1. Perlunya menggunakan lebih dari 1 metode dalam mengerjakan perhitungan, agar didapatkan hasil untuk dijadikan perbandingan.
2. Ketelitian dalam perhitungan harus diperhatikan, agar hasil perhitungan menjadi lebih akurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

Das Braja M., 1988. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Craig, B. M. 1991. Mekanika Tanah. Erlangga. Jakarta.

Diterima 07/04/2020, Direvisi 07/05/2020, Disetujui untuk publikasi 09/05/2020.

Diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, UTA'45 Jakarta, ISSN: 2502-8456 (media online)

- Das, Braja M. 1985. Mekanika Tanah (Jilid 1) Terjemahan. Erlangga. Jakarta.
- O'Neill, M.W. 1983, Group Action in Offshore Piles, Proc. Conf. on Geotech. Practice in Offshore Eng., ASCE, University of Texas at Austin, pp.25-64.
- O'Neill, M.W. and Reese, L.C. 1989, New Design Method for Drilled Shaft From Common Soil and Rock Tests, Foundation Eng.-Current Principles and Practices, pp. 1026-1039.
- O'Neill, M.W. and Reese, L.C. 1999, Drilled Shaft: Construction Procedures and Design Methods, Report for FHWA-IF-99-025.
- Poulos, H. G. and Davis, E.H. 1968, The Settlement Behavior of Single Axially Loaded Incompressible Piles and Piers, , Geotechnique, Vol. 18, no.3.
- Poulos, H. G. and Davis, E.H. 1980, Pile Foundation Analysis and Design, John Wiley and Sons, New York.
- Poulos, H. G. 1971, Behavior of Laterally Loaded Piles. Single Piles, ASCE J. Soil Mechanics Foundation Divisions, Vol. 97.
- Reese, L.C., and Matlock, H. 1956, Non Dimensional Solutions for Laterally Loaded Piles with Soil Modulus Assumed Proporsional to Depth, Proc. Of The 8 th Texas Conf. On Soil Mechanics and Foundation Engineering, Austin, Texas, pp.1 - 41.
- Reese, L.C. and O'Neill, M.W. 1989, New Design Method for Drilled Shaft From Common Soil and Rock Tests, Foundation Eng. Current Principles and Practices, pp. 1 026-1039.
- Reese, L.C. and Van Impe, W.F. 2001, Single Piles and Pile Groups Under Lateral Loading, Balkema, Rotterdam, Netherlands
- Reese, L.C., Isenhower, W.M., and Wang, S.T. 2006, Analysis and Design of Shallow and Deep Foundations, John Willey and Sons, Inc.
- Suhendro, B. 1992, Laporan Kemajuan ke III, Studi Optimalisasi Formula Cakar Ayam, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- SNI 4153. 2008. Cara Uji Penetrasi Dengan SPT. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.