

## ANALISIS DAYA DUKUNG DAN POTENSI PENURUNAN TIANG BOR PADA PROYEK GEDUNG MENARA BRI MEDAN

Adeila Fahrila Putri Daulay<sup>1</sup>, Tondi Aulia Rahman Matondang<sup>2</sup>, Rudianto Surbakti<sup>3</sup>

Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung<sup>1,2,3</sup>, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan,

adeilafahrilaputridaulay@students.polmed.ac.id<sup>1</sup>,

tondiadliarahmanmatondang@students.polmed.ac.id<sup>2</sup>, rudiantosurbakti@polmed.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Pondasi bored pile adalah salah satu bagian dari struktur yang utama karena berfungsi meneruskan beban dari struktur atas ke dalam lapisan tanah sampai kedalaman tertentu, sehingga dapat memastikan distribusi beban secara merata untuk menghindari kelebihan beban pada titik-titik tertentu yang dapat menyebabkan kegagalan struktur serta, menjaga kestabilan bangunan dan mencegah terjadinya penurunan atau pergeseran yang berpotensi merusak struktur tersebut. Hal itu dapat menimbulkan kerugian bagi semua pihak, baik kerugian secara finansial dan mengancam keselamatan jiwa bagi semua pihak yang terlibat. Pada pelaksanaan proyek pembangunan Gedung BRI Medan ini pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang bor. Tujuan dari studi ini adalah mengetahui besarnya daya dukung aksial pondasi bored pile menggunakan metode Meyerhoff, perbandingan daya dukung bored pile menggunakan metode Meyerhoff dengan loading test, serta mengetahui besarnya potensi penurunan yang terjadi pada pondasi titik P-188 dengan menggunakan metode vesic. Dari hasil perhitungan metode Meyerhoff diperoleh besar daya dukung tiang tunggal adalah 1.149,1 ton. Sementara itu, berdasarkan hasil loading test dengan metode mazurkiewicz diperoleh nilai sebesar 416 ton. Berdasarkan hasil perhitungan potensi penurunan pondasi dengan metode analitis Vesic, diperoleh nilai 4,61 mm.

**Kata Kunci :** Daya Dukung, Penurunan, Meyerhoff, Vesic

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian dari struktur bawah (sub structure) yang berperan sebagai penopang pada suatu bangunan sipil dan juga berperan sebagai penopang beban keseluruhan dari bangunan sipil tersebut. Beban yang diterima oleh pondasi akan disalurkan ke bawah tanah, sehingga tanah yang memiliki daya dukung yang kuat dapat memikul beban yang diterima dari bangunan konstruksi di atasnya. Jika tanah tidak memiliki kapasitas untuk menopang pondasi atau memiliki daya dukung yang rendah, maka kemungkinan besar akan terjadi penurunan berlebihan atau bahkan keruntuhan tanah. Dampak dari situasi tersebut bisa menyebabkan kerusakan pada bangunan yang berada di atas pondasi tersebut. (Yuliawan & Tanjung, 2018). Hal itu dapat menimbulkan kerugian bagi semua pihak, baik kerugian secara finansial dan mengancam keselamatan jiwa bagi semua pihak yang terlibat.

Perubahan volume tanah yang disebabkan oleh penambahan beban di atas permukaannya yang mengakibatkan gerakan tertentu pada suatu konstruksi, dan sering kali menyebabkan deformasi atau pergeseran pada struktur tersebut yang didefinisikan sebagai penurunan (Muhshin & Ika Putra, 2021).

#### Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang muncul dalam penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

- Berapa besarnya daya dukung aksial pondasi *bored pile* pada pondasi di titik P-188 secara analitis menggunakan metode Meyerhoff dan metode Reese and O'neill?
- Perbandingan daya dukung *bored pile* antara metode analitis Meyerhoff, Reese and O'neill dan aktual lapangan (*loading test*).
- Berapakah potensi penurunan yang terjadi pada pondasi titik P-188 dengan menggunakan metode Vesic?

**Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang muncul dalam penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui besarnya daya dukung aksial pondasi *bored pile* dengan menggunakan metode Meyerhoff dan metode Reese and O’neill.
- b. Untuk mengetahui perbandingan daya dukung bored pile menggunakan metode analitis Meyerhoff, Reese and O’neill dengan aktual lapangan (*loading test*).
- c. Untuk mengetahui besarnya potensi penurunan yang terjadi pada pondasi titik P-188 dengan menggunakan metode Vesic.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Definisi Pondasi**

Pondasi merupakan elemen dari sistem teknik yang bertugas menyalurkan beban dari bangunan dan beban sendiri ke dalam tanah di bawahnya. Selain itu, tegangan tanah yang dihasilkan oleh pondasi juga merupakan tambahan terhadap beban-beban yang sudah ada dalam tanah, yang bertujuan untuk menjaga stabilitas dan keamanan bangunan di atasnya. (Bowles, 1997). Dengan kata lain, pondasi adalah struktur yang dibangun di bawah permukaan tanah untuk mendukung bangunan dan mencegah kerusakan akibat penurunan atau pergeseran yang terjadi secara berlebihan.

**Daya Dukung**

Daya dukung merujuk pada kemampuan tanah yang berada di sekitar dan di bawah pondasi untuk menopang beban dari struktur di atasnya. Proses penentuan daya dukung pondasi dan estimasi penurunan pondasi bisa dilakukan dengan memanfaatkan informasi mengenai sifat tanah yang diperoleh dari pengujian laboratorium atau observasi di lapangan.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT) untuk melakukan perhitungan daya dukung pondasi dengan menggunakan metode Meyerhoff dan metode Reese and O’neill.

Meyerhoff (1976) menganjurkan formula daya dukung untuk tiang pancang sebagai berikut:

Untuk daya dukung

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

Dengan:

$Q_u$  : Daya dukung ultimit tiang (kN)

$Q_p$  : Daya dukung ijin tiang (kN)

$Q_s$  : Daya dukung selimut (kN)

$$Q_p = A_p q_p \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

$A_p$  : Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

$q_p$  : Daya akhir ujung tiang (kN)

$$Q_s = p \times \Delta L \times f_{av} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

$p$  : Keliling bagian tiang (m)

$\Delta L$  : Panjang tiang (m)

$f_{av}$  : Tahanan gesekan (kN/m<sup>2</sup>)

Skempton (1986) menyarankan sebuah persamaan untuk mengkoreksi nilai N yang diperoleh dari uji lapangan. Persamaan ini mempertimbangkan pengaruh beberapa faktor seperti prosedur pengujian, diameter lubang bor, dan panjang batang bor:

$$N_{60} = \frac{1}{0,6} E_r C_b C_s C_r N \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

$N_{60}$  : N-SPT telah dikoreksi

$E_r$  : Efisiensi pemukul

$C_b$  : Koreksi diameter lubang bor

- $C_s$  : Koreksi oleh tipe tabung *sampler* SPT
- $C_r$  : Koreksi untuk panjang batang bor
- $N$  : Nilai N-SPT hasil uji di lapangan

Reese and O’neill (1989) menganjurkan formula daya dukung untuk tiang pancang sebagai berikut:  
 Untuk daya dukung

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dengan:

- $Q_u$  : Daya dukung ultimit tiang (kN)
- $Q_p$  : Daya dukung ultimit ujung tiang (kN)
- $Q_s$  : Daya dukung ultimit selimut tiang (kN)

$$Q_p = f_p A_p \quad \dots\dots\dots (6)$$

Untuk rumus  $f_p$  adalah:

$$f_p = 0,60 \sigma_r N_{60} \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dengan:

- $f_p$  : Tahanan ujung neto per satuan luas ( $\text{ton/m}^2$ )
- $\sigma_r$  : Tegangan referensi = 10,56 ( $\text{ton/m}^2$ )
- $A_p$  : Luas penampang tiang ( $\text{m}^2$ )
- $N_{60}$ : N-SPT telah dikoreksi

Perhitungan daya dukung selimut tiang dengan metode Reese and O’neill (1989) ini menggunakan metode Beta ( $\beta$ ) yaitu sebagai berikut:

$$Q_s = \Sigma f_s A_s \quad \dots\dots\dots (8)$$

Untuk menghitung  $f_s$  menggunakan rumus:

$$f_s = \Sigma \sigma_{v'} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Untuk menghitung  $\beta$  menggunakan metode Reese and O’neill (1989) adalah:

Untuk  $N_{60} < 15$  maka  $\beta$ :

$$\beta = \frac{N_{60}}{15} (1,5 - 0,245\sqrt{z}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

Untuk  $N_{60} > 15$  maka  $\beta$ :

$$\beta = 1,5 - 0,245\sqrt{z} \quad \dots\dots\dots (11)$$

Untuk menghitung  $\sigma_{v'}$  yaitu sebagai berikut:

$$\sigma_{v'} = z\gamma \quad \dots\dots\dots (12)$$

Dengan:

- $f_s$  : Gesekan selimut tiang ( $\text{ton/m}^2$ )
- $A_s$  : Luas permukaan keliling tiang ( $\text{m}^2$ )
- $\sigma_{v'}$ : Tegangan efektif tanah ( $\text{ton/m}^2$ )
- $z$  : Kedalaman dari permukaan tanah ke titik tengah lapisan (m)
- $\gamma$  : Berat isi tanah efektif ( $\text{ton/m}^3$ )

Penurunan segera metode vesic (1977) adalah istilah yang merujuk pada penurunan yang disebabkan oleh deformasi massa tanah yang tertekan dan terjadi pada volume yang tetap. Ini mencakup penurunan pada tanah-tanah berbutir kasar dan tanah-tanah berbutir halus yang tidak jenuh, karena penurunan terjadi segera setelah pembebanan terjadi. Penurunan segera ini sering diamati padapondasi bangunan yang ditempatkan di atas tanah berbutir kasar (Muhshin & Ika Putra, 2021).

Penurunan elastis tiang dibawah beban kerja vertikal ( $Q_w$ ) dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut. (Bowles, 2010).

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad \dots\dots\dots (13)$$

Dengan:

- $S$  : Penurunan total
- $S_1$  : Penurunan batang tiang
- $S_2$  : Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

$S_3$  : Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang

1. Untuk menghitung penurunan batang tiang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p \times E_p} \quad \dots\dots\dots (14)$$

Dengan:

- $Q_{wp}$  : Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)
- $Q_{ws}$  : Kapasitas tahanan kulit (ton)
- $\xi$  : Koefisien dari *skin friction*
- $L$  : Panjang tiang (m)
- $A_p$  : Luas Penampang tiang (m<sup>2</sup>)
- $E_p$  : Modulus elastisitas material tiang

2. Untuk menghitung penurunan tiang akibat beban di ujung tiang diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_2 = \frac{Q_{wp} \times C_p}{D \times q_p} \quad \dots\dots\dots (15)$$

Dengan:

- $Q_{wp}$  : Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)
- $C_p$  : Koefisien empiris
- $D$  : Diameter tiang (m)
- $q_p$  : Kapasitas dukung ujung persatuan luas

3. Untuk menghitung penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang batang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_3 = \frac{Q_{wp} \times C_s}{L \times q_p} \quad \dots\dots\dots (16)$$

Dengan:

- $Q_{wp}$  : Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)
- $C_s$  : Konstanta empiris,  $C_s = \left(0,93 + 0,16\sqrt{\frac{L}{D}}\right) \times C_p$  ..... (17)
- $L$  : Panjang tiang (m)
- $q_p$  : Kapasitas dukung ujung persatuan luas

Das (2017) Menyatakan nilai  $\xi$  bervariasi, tergantung pada sifat unit tahanan gesekan (kulit) alami yang ada di sepanjang tiang yang tertanam di dalam tanah. Jika unit gesekan (kulit) alami berbentuk segitiga, biasanya ditemukan pada tanah pasir, maka  $\xi = 0,67$ . Namun, untuk tanah lempung atau lanau, di mana unit gesekan (kulit) alami cenderung berbentuk seragam atau simetris, seperti persegi panjang atau parabolik seragam, nilai  $\xi = 0,5$ .

**Penurunan Yang Diizinkan**

Penurunan yang dapat diizinkan pada sebuah bangunan dipengaruhi oleh sejumlah faktor. Faktor-faktor ini termasuk jenis, tinggi, kekakuan, dan fungsi bangunan, serta besar dan kecepatan penurunan dan pola distribusinya.

Prediksi penurunan maksimum dapat dilakukan dengan tingkat keakuratan yang memadai, sering kali dapat dibuat korelasi antara tingkat penurunan yang diperbolehkan dengan nilai penurunan maksimum yang diizinkan. Syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu  $S_{total} \leq S_{izin}$  dengan persamaan:

$$S_{izin} = 10\% \times D \quad \dots\dots\dots (18)$$

### Penelitian Terdahulu

Diana (2019) telah melakukan penelitian untuk mengetahui besarnya kapasitas daya dukung pondasi *bore pile* dari data *Standar Penetration Test* (SPT), untuk mengetahui besarnya daya dukung kelompok tiang pancang pada pondasi *bore pile*, serta untuk mengetahui besarnya efisiensi kelompok tiang pancang dengan berbagai formula atau rumus efisiensi tiang yang ada. Hasil perhitungan daya dukung pondasi terdapat perbedaan hasil dengan menggunakan metode Meyerhoff (1956) dengan metode Reese & Wright. Untuk perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang juga terdapat hasil yang berbeda dengan menggunakan metode Converse-Labare dengan formula Los Angeles. Selain itu, Ramadhan M., dkk (2021) juga melakukan penelitian untuk mengetahui penurunan (*settlement*) pondasi *bored pile* dan menghitung kuat dukung pondasi *bored pile* berdasarkan hasil standar penetration test (SPT). Dari hasil perhitungan penurunan didapat *software* plaxis lebih mendekati hasil axial *test* dibanding metode Vesic (1970) begitu pula untuk perhitungan daya dukung pondasi metode Reese & Wright (1977) lebih mendekati hasil axial *test* dibandingkan dengan metode Meyerhoff (1956) dan *software* plaxis.

### METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan pada laporan ini adalah menggunakan metode kuantitatif. Langkah awal adalah mengumpulkan data mengenai pondasi dan tanah yang akan ditinjau. Selanjutnya, peneliti akan melakukan perhitungan dengan rumus semi empiris, kemudian dilakukan analisis terhadap perhitungan dengan metode analitis dengan hasil asli dari lapangan. Dengan demikian, dapat diamati apakah hasil dengan rumus semi empiris sama atau mendekati dengan hasil yang ada di lapangan.

Adapun objek penelitian yang diteliti adalah pondasi pada proyek Gedung Menara BRI Medan, yang berlokasi di Jl. Putri Hijau No. 2 Kec. Medan Timur, Kab. Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

Dalam penyelesaian laporan ini, diperlukan data-data dan teori-teori yang berhubungan dengan topik yang dianalisis.

Metode pengumpulan data yang diterapkan melibatkan langkah-langkah berikut:

1. Pengambilan Data:  
Pengambilan data mencakup:
  - a. Denah pondasi dan detail pondasi.
  - b. Data penyelidikan tanah, seperti data Standar Penetrasi Tanah (SPT).
  - c. Data *Loading test*.
2. Membaca Studi Kepustakaan:  
Melakukan pembacaan serta memasukkan kutipan dari buku-buku yang relevan dengan topik yang sedang diselidiki. Tujuan dari langkah ini adalah untuk melengkapi dan meningkatkan laporan ini dengan informasi yang diperoleh dari literatur yang relevan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Daya Dukung

1. Daya dukung dengan metode Meyerhoff

Data yang diketahui:

$$N_{60} = 40$$

$$P_a = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 26,9 \text{ m}$$

$$D = 0,8 \text{ m}$$

Perhitungan:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = A_p q_p$$

$$q_p = \left[ 0,4 P_a N_{60} \left( \frac{L}{D} \right) \right] \leq 4 \times P_a \times N_{60}$$

$$Q_p = A_p \left[ 0,4 P_a N_{60} \left( \frac{L}{D} \right) \right]$$

$$Q_p = \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,8^2 \right) \left[ (0,4)(100)(40) \left( \frac{26,9}{0,8} \right) \right] = 27.007 \text{ kN} = 2.700 \text{ ton}$$

$$Q_p = A_p (4 P_a N_{60})$$

$$Q_p = \left( \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,8^2 \right) [(4)(100)(40)] = 8.032 \text{ kN} = 803,2 \text{ ton}$$

Dipilih yang lebih kecil nilainya, maka  $Q_p = 803,2 \text{ ton}$ .

$$Q_s = p \times \Delta L \times f_{av}$$

Nilai rata-rata  $N_{60}$  pasir untuk di atas 26,9 m adalah:

$$\bar{N}_{60} = 25,6 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_s = (2 \times 3,14 \times 0,4) \times 26,9 \times (0,02 \times 100 \times 25,6)$$

$$Q_s = 3.459,7 \text{ kN} = 345,9 \text{ ton}$$

$$Q_u = 803,2 + 345,9$$

$$Q_u = 1.149,1 \text{ ton}$$

## 2. Daya dukung dengan metode Reese and O'Neill

Data yang diketahui:

$$N_{60} = 40$$

$$P_a = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 26,9 \text{ m}$$

$$D = 0,8 \text{ m}$$

Perhitungan:

Daya dukung ujung tiang:

$$Q_p = f_p \times A_p$$

$$f_p = 0,6 \times \sigma_r \times N_{60}$$

$$f_p = 0,6 \times 10,56 \times 40$$

$$f_p = 253,44 \text{ ton/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,8^2$$

$$A_p = 0,50$$

$$Q_p = 127,33 \text{ ton}$$

Daya dukung selimut tiang:

$$Q_s = \Sigma f_s \times A_s$$

$$f_s = \beta \times \sigma_v'$$

$$A_s = \pi \times D \times \Delta L$$

Menghitung  $\beta$  disetiap lapisan:

Untuk  $N_{60} > 15$  maka  $\beta$ :

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

Contoh perhitungan  $\beta$ :

Lapisan 1

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

$$\beta = 1,5 - 0,245\sqrt{3,90}$$

$$\beta = 1,02$$

Menghitung  $\sigma_v'$  disetiap lapisan:

$$\sigma_v' = z\gamma$$

Contoh perhitungan  $\sigma_v'$ :

Lapisan 1

$$\gamma = 20,50 - 10 = 10,50 \text{ kN/m}^3$$

$$z = 3,90 \text{ m}$$

$$\sigma_v' = 40,95 \text{ kN/m}^2$$

Menghitung  $f_s \times A_s$  disetiap lapisan:

Contoh perhitungan  $f_s \times A_s$ :

Lapisan 1

$$f_s = \beta \times \sigma_v'$$

$$f_s = 1,02 \times 40,95$$

$$f_s = 41,61 \text{ kN/m}^2$$

$$A_s = \pi \times D \times \Delta L$$

$$A_s = 3,14 \times 0,8 \times 3,90$$

$$A_s = 9,80 \text{ m}^2$$

$$f_s \times A_s = 41,61 \times 9,80$$

$$f_s \times A_s = 407,66 \text{ kN} = 40,77 \text{ ton}$$

$$Q_s = \sum f_s \times A_s$$

$$Q_s = 384,02 \text{ ton}$$

Maka,  $Q_u$  adalah:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = 511,34 \text{ ton}$$

Hasil perhitungan daya dukung berdasarkan metode analitis Meyerhoff dan hasil data di lapangan (*loading test*) terdapat pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Tabel daya dukung

Metode	$Q_u$ (ton)	Selisih (ton)	Persentase (%)
Meyerhoff	1149,1	733,1	176
Reese and O'neill	511,34	95,34	23
<i>Loading test</i>	416	0	0

### Penurunan

Penurunan pondasi tiang tunggal berdasarkan pembebanan yang sesuai dengan *loading test*, dihitung menggunakan rumus semi empiris dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

Dengan:

$S$  : Penurunan total

$S_1$  : Penurunan batang tiang

$S_2$  : Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang

$S_3$  : Penurunan tiang akibat beban yang tersalurkan sepanjang tiang

Besaran nilai  $Q_{wp}$  dan  $Q_{ws}$  diambil dari beban maksimum *loading test* yaitu sebesar 290 ton. Secara berurutan nilai  $Q_{wp}$  dan  $Q_{ws}$  adalah 25% dan 75% dari total beban maksimum yang diterima oleh pondasi. Sehingga perhitungan penurunan pondasi adalah sebagai berikut.

Perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghitung penurunan batang tiang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p \times E_p}$$

Dengan:

$Q_{wp}$  : Kapasitas tahanan di ujung tiang (ton)

$Q_{ws}$  : Kapasitas tahanan kulit (ton)

$\xi$  : Koefisien dari *skin friction*

L: Panjang tiang (m)

$A_p$  : Luas Penampang tiang ( $\text{m}^2$ )

$E_p$  : Modulus elastisitas material tiang

Diketahui:

$$Q_{wp} = 290 \times 25\% = 72,50 \text{ ton}$$

$$Q_{ws} = 290 \times 75\% = 217,50 \text{ ton}$$

$$\xi = 0,5$$

$$L = 26,9 \text{ m}$$

$$A_p = 0,502 \text{ m}^2$$

$$E_p = 4700\sqrt{fc'} = 4700\sqrt{25}$$

$$E_p = 23.500 \text{ Mpa} = 23.500 \times 10^2 \text{ ton/m}^2$$

Berdasarkan data yang diketahui maka penurunan batang tiang adalah:

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p \times E_p}$$

$$S_1 = \frac{(72,50 \text{ ton} + 0,5 \times 217,50 \text{ ton})26,9 \text{ m}}{0,502 \text{ m}^2 \times 23.500 \times 10^2 \text{ ton/m}^2}$$

$$S_1 = 4,13 \text{ mm}$$

2. Untuk menghitung penurunan tiang akibat beban di ujung tiang diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_2 = \frac{q_{wp} \times D}{E_s} - (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

Dengan:

$q_{wp}$ : Beban titik per satuan luas pada titik tiang :  $Q_{wp}/A_p$  (ton/m<sup>2</sup>)

D : Diameter tiang (m)

$E_s$  : Modulus elastisitas tanah di bawah tiang

$\mu_s$  : *Poisson's ratio* pada tanah

$I_{wp}$ : Faktor pengaruh = 0,85

Diketahui:

$$q_{wp} = \frac{72,50 \text{ ton}}{0,502 \text{ m}^2} = 144,42 \text{ ton}$$

$$D = 0,8 \text{ m}$$

$$E_s = N\text{-SPT} \times 3.500 = 175.000 \text{ ton/m}^2$$

$$\mu_s = 0,35$$

Berdasarkan data yang diketahui maka penurunan tiang akibat beban di ujung tiang adalah:

$$S_2 = \frac{q_{wp} \times D}{E_s} - (1 - \mu_s^2) I_{wp}$$

$$S_2 = \frac{144,42 \text{ ton/m}^2 \times 0,8 \text{ m}}{175.000 \text{ ton/m}^2} (1 - 0,35^2)(0,85)$$

$$S_2 = 0,44 \text{ mm}$$

3. Untuk menghitung penurunan tiang akibat beban yang tersalur sepanjang batang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_3 = \left( \frac{Q_{ws}}{p \times L} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

Dengan:

$Q_{ws}$  : Kapasitas tahanan kulit (ton)

p : Keliling tiang =  $2 \times \pi \times r$  (m)

L : Panjang tiang yang tertanam (m)

$$I_{ws} : \text{Faktor pengaruh, } I_{ws} = 2 + 0,35\sqrt{\frac{L}{D}}$$

Diketahui:

$$Q_{ws} : 290 \times 75\% = 217,50 \text{ ton}$$

$$p : 2,512 \text{ m}$$

L : Panjang tiang yang tertanam (m)

$$I_{ws} : \text{Faktor pengaruh, } I_{ws} = 2 + 0,35\sqrt{\frac{L}{D}}$$

Berdasarkan data yang diketahui maka penurunan akibat beban yang tersalur sepanjang batang adalah:

$$S_3 = \left( \frac{Q_{ws}}{p \times L} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

$$S_3 = \left( \frac{217,5 \text{ ton}}{2,512 \text{ m} \times 26,9 \text{ m}} \right) \frac{0,8 \text{ m}}{175.000 \text{ ton/m}^2} (1 - 0,35^2) \left( 2 + 0,35\sqrt{\frac{26,9 \text{ m}}{0,8 \text{ m}}} \right) S_3 = 0,04 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka penurunan pondasi tiang tunggal adalah:

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$



$$S = 4,13 + 0,44 + 0,04$$

$$S = 4,61 \text{ mm}$$

**Perhitungan Penurunan Pondasi Tiang Tunggal Yang Diizinkan** Penurunan pondasi tiang yang diizinkan adalah:

$$S_{izin} = 10\% \times D$$

$$S_{izin} = 10\% \times 80 \text{ mm}$$

$$S_{izin} = 80 \text{ mm}$$

Penurunan pondasi tiang bor yang diizinkan pada pondasi ini adalah 80 mm, sedangkan penurunan yang terjadi menurut perhitungan dengan metode analitis Vesic adalah 4,61 mm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pondasi ini aman terhadap penurunan.

Hasil perhitungan daya dukung berdasarkan metode analitis Vesic dan hasil data di lapangan (*loading test*) terdapat pada Tabel 2 berikut ini.

**Tabel 2.** Tabel Penurunan

Pengujian	Metode	Penurunan (mm)	Selisih (mm)
Analitis	Vesic	4,61	0,91
Aktual di lapangan	<i>Loading test</i>	3,70	0

## Pembahasan

### 1. Daya dukung

Daya dukung yang dihasilkan berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode Meyerhoff diperoleh besar daya dukung tiang tunggal adalah 1.149,1 ton, dan dengan metode Reese and O'neill adalah 511,34 ton. Sementara itu, berdasarkan hasil *loading test* diperoleh nilai sebesar 416 ton.

Untuk perbandingan dari hasil perhitungan menggunakan metode Meyerhoff dengan data *loading test* terdapat perbedaan daya dukung yang signifikan yaitu sebesar 176% dan dengan menggunakan metode Reese and O'neill sebesar 23%.

### 2. Penurunan

Potensi penurunan berdasarkan hasil perhitungan potensi penurunan pondasi dengan metode analitis Vesic, diperoleh nilai 4,61 mm, berbeda dengan hasil yang di lapangan yaitu 3,70. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa hasil perhitungan dengan metode analitis memiliki nilai yang lebih besar dari aktual di lapangan, hal tersebut bisa saja terjadi dikarenakan pada metode analitis kita menetapkan beban hanya sekali dengan beban terbesar. Namun, pada aktual lapangan dengan metode *loading test* beban yang ditetapkan tidak langsung namun secara bertahap, sehingga tanah disekitar pondasi menjadi lebih kuat untuk menahan beban akibat penurunan.

## SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan berbagai metode, disimpulkan bahwa pada proyek Pembangunan Gedung Menara BRI Medan, daya dukung tiang tunggal dengan metode Meyerhoff adalah 1.149,1 ton, sedangkan dengan metode Reese and O'neill adalah 511,34 ton. Sementara itu, hasil *loading test* menunjukkan nilai sebesar 416 ton. Perbedaan daya dukung antara hasil perhitungan metode Meyerhoff dengan data *loading test* mencapai 176%, dan dengan metode Reese and O'neill sebesar 23%. Selain itu, hasil perhitungan potensi penurunan pondasi dengan metode analitis Vesic, diperoleh nilai 4,61 mm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirabbilalamin, puji dan syukur kepada Allah SWT atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya yang tiada terhingga. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Medan. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Pimpinan Politeknik Negeri Medan yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan pengabdian ini melalui dana DIPA Politeknik Negeri Medan Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan oleh berbagai pihak dapat dijadikan sebagai ilmu dan pengalaman yang bermanfaat untuk penulis gunakan pada masa yang akan datang.

Laporan dan publikasi dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pembaca dan peneliti dari berbagai disiplin ilmu khususnya di bidang teknik sipil.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bowles, J. E. (1997). *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (2017). *Foundation Engineering Ninth Edition*. USA: Cengage.
- Dr. Ir. Abdul Hakam, M. (2008). *Rekayasa Pondasi*. Padang: CV. Bintang Grafika.
- Gunawan, I. R. (1991). *Pengantar Teknik Fondasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Muhshin, M. M., & Ika Putra, A. (2021). Pemetaan Penurunan Elastis Fondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir Kota Pekanbaru. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 6(1), 34. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v6i1.53689>.
- Yuliawan, E., & Tanjung, R. (2018). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian Spt Dan Cyclic Load Test. *Jurnal Konstruksia*, 9(2), 1–13.