

## PERBANDINGAN FONDASI BORE PILE DAN MINI PILE GEDUNG PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK POLITEKNIK NEGERI MALANG

**Amanda Dwi Herawati<sup>1,\*</sup>, Dandung Novianto<sup>2</sup>,**

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>

Email: [amandadwiherawati@gmail.com](mailto:amandadwiherawati@gmail.com)<sup>1</sup>, [dandung.novianto@polinema.ac.id](mailto:dandung.novianto@polinema.ac.id)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Politeknik Negeri Malang (POLINEMA) sebagai perguruan tinggi vokasi yang terus mengembangkan fasilitas pendidikan, sehingga salah satu upaya memenuhi kebutuhan tersebut yaitu melalui pembangunan Gedung Laboratorium dan Bengkel Jurusan Teknik Listrik yang direncanakan setinggi 6 lantai dan 1 lantai atap. Dalam pembangunan gedung fondasi berperan penting sebagai struktur bawah dalam menyalurkan beban bangunan ke tanah pendukung. Berdasarkan hasil penyelidikan N-SPT kondisi tanah di lokasi proyek berupa lapisan pasir dan lanau berkerikil dengan daya dukung terbatas pada kedalaman dangkal, sehingga diperlukan penggunaan fondasi dalam. Fondasi eksisting berupa tiang pancang sedalam 16 m dengan daya dukung beban layan 130,10 ton per tiang dan penurunan kurang dari 15 cm dinilai kurang sesuai karena menimbulkan getaran dan kebisingan tinggi pada lingkungan sekitar. Oleh karena itu, dilakukan evaluasi dan perbandingan antara fondasi bored pile dan mini pile. Hasil analisis pembebanan struktur atas menggunakan ETABS menunjukkan beban aksial terbesar pada Kolom K1 sebesar 2240,678 kN, Kolom K2 sebesar 125,974 kN, Kolom K3 sebesar 261,242 kN, dan Kolom K4 sebesar 395,587 kN. Perhitungan daya dukung metode *Reese and Wright* (1977) menghasilkan nilai *Qall* fondasi bored pile sebesar 414 kN ( $\varnothing 35$  cm) dan 274,3933 kN ( $\varnothing 25$  cm) dan untuk kelompok tiang F1 dengan daya dukung 2466,499 kN, serta fondasi mini pile menggunakan metode Mayerhoff (1976), sebesar 361,219 kN ( $\varnothing 25$  cm) dan 181,863 kN ( $\varnothing 20$  cm) dan untuk kelompok tiang F1 dengan daya dukung 2505,146 kN, pada F4 545,591 kN. Penurunan fondasi bored pile sebesar 1,370 cm, sedangkan fondasi mini pile sebesar 1,003 cm dan 0,331 cm, masih lebih kecil dari penurunan izin 18,333 cm. Nilai RAB fondasi bored pile sebesar Rp 2.523.898.404,29 dan mini pile sebesar Rp 2.082.656.831,17. Berdasarkan aspek teknis dan biaya, fondasi mini pile direkomendasikan sebagai alternatif paling efisien.

**Kata kunci** : Beban, SPT, daya dukung, fondasi, RAB.

### ABSTRACT

*Politeknik Negeri Malang (POLINEMA), as a vocational higher education institution, continues to develop its educational facilities. One of the efforts to meet this demand is the construction of a six-story Laboratory and Workshop Building with an additional roof floor for the Electrical Engineering Department. In building construction, the foundation plays a crucial role as the substructure that transfers structural loads to the supporting soil. Based on the results of the N-SPT investigation, the soil conditions at the project site consist of sand and gravelly silt layers with limited bearing capacity at shallow depths, thus requiring the use of deep foundations. The existing foundation consists of driven piles with a depth of 16 m, an allowable service load capacity of 130.10 tons per pile, and settlement of less than 15 cm. However, this foundation type is considered unsuitable due to the high vibration and noise generated in the surrounding environment. Therefore, an evaluation and comparison between bored pile and mini pile foundations were conducted. Structural load analysis using ETABS indicates that the maximum axial loads occur in Column K1 of 2240.678 kN, Column K2 of 125.974 kN, Column K3 of 261.242 kN, and Column K4 of 395.587 kN. Bearing capacity calculations using the Reese and Wright (1977) method resulted in allowable bearing capacities (*Qall*) of 414 kN for bored piles with a diameter of 35 cm and 274.3933 kN for a diameter of 25 cm, with a pile group capacity of 2466.499 kN for Foundation Type F1. Meanwhile, the mini pile foundation analyzed using the Meyerhof (1976) method yielded allowable capacities of 361.219 kN for a diameter of 25 cm and 181.863 kN for a diameter of 20 cm, with pile group capacities of 2505.146 kN for F1 and 545.591 kN for F4. The calculated settlements for the bored pile foundation reached 1.370 cm, while those for the mini pile foundation were 1.003 cm and 0.331 cm, all of which are smaller than the allowable settlement of 18.333 cm. The estimated construction cost (RAB) for the bored pile foundation is Rp 2,523,898,404.29, whereas the mini pile foundation costs Rp 2,082,656,831.17. Based on technical performance and cost considerations, the mini pile foundation is recommended as the most efficient alternative.*

**Keywords** : Load, SPT, bearing capacity, foundation, cost

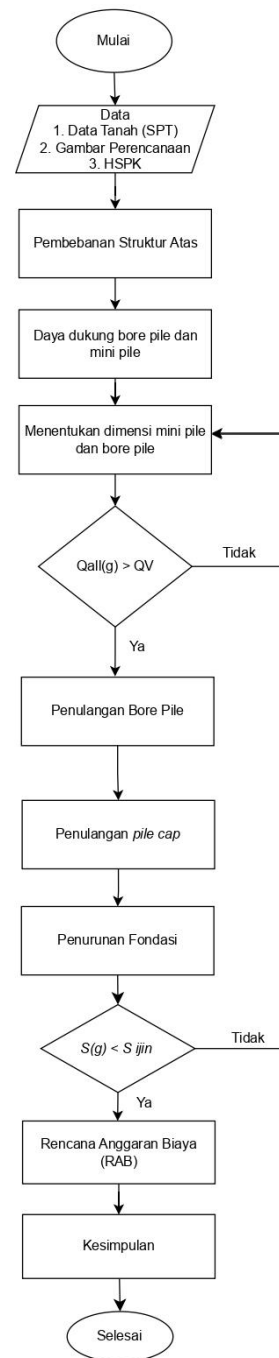
## 1. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Malang (POLINEMA) merupakan salah satu perguruan tinggi vokasi di Kota Malang yang berfokus pada pendidikan terapan dan pengembangan kompetensi teknik. Pliteknik Negeri Malang mengembangkan fasilitas pendidikan untuk mendukung peningkatan jumlah mahasiswa, salah satunya melalui pembangunan Gedung Laboratorium dan Bengkel Jurusan Teknik Listrik setinggi 6 lantai dan 1 lantai atap. Dalam pembangunan gedung bertingkat, fondasi memegang peranan penting sebagai struktur bawah yang menyalurkan beban bangunan ke tanah. Hasil penyelidikan tanah di lokasi proyek menunjukkan lapisan pasir dan lanau berkerikil dengan daya dukung terbatas pada kedalaman dangkal, sehingga diperlukan penggunaan fondasi dalam. Fondasi eksisting berupa tiang pancang sedalam 16 m dengan diameter 0,30 m memiliki kapasitas beban layan yang mencukupi, namun kurang sesuai digunakan karena berdekatan dengan bangunan lain karena menimbulkan getaran dan kebisingan tinggi yang berpotensi mengganggu aktivitas sekitar serta menyebabkan kerusakan pada bangunan disekitarnya.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemilihan jenis fondasi harus mempertimbangkan kapasitas daya dukung, penurunan, kondisi lingkungan, serta aspek ekonomi. Fondasi bore pile memiliki kapasitas daya dukung yang besar namun membutuhkan biaya konstruksi tinggi, sedangkan mini pile relatif lebih ekonomis dengan penurunan yang masih dalam batas aman. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan membandingkan fondasi bored pile dan mini pile untuk menentukan alternatif fondasi yang paling sesuai, aman, dan ekonomis, serta mengevaluasi fondasi eksisting terhadap alternatif desain yang lebih efisien pada pembangunan Gedung Laboratorium dan Bengkel Jurusan Teknik Listrik Politeknik Negeri Malang. Berdasarkan uraian tersebut, maka judul skripsi ini adalah “Perbandingan Fondasi Bore Pile Dan Mini Pile Gedung Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Malang.”

## 2. METODE

Untuk memperoleh hasil perencanaan yang sistematis dan terarah, penelitian ini disusun melalui bagan alir sebagai berikut:



**Gambar 1.** Diagram Alir Perencanaan Fondasi

Berdasarkan diagram alir **Gambar 1** berikut merupakan penjelasannya:

- Melakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan, yang mencakup: data tanah (SPT), gambar perencanaan, dan HSPK.
- Melakukan analisis pembebanan stuktur atas menggunakan *software* ETABS.

- c. Menghitung daya dukung masing-masing fondasi.
- d. Menentukan dimesi masing-masing fondasi.
- e. Melakukan pengecekan kapasitas daya dukung masing-masing fondasi.
- f. Melakukan perhitungan rencana penulangan fondasi bore pile dan pile cap.
- g. Menghitung penurunan yang terjadi dan ijin penurunan.
- h. Melakukan perhitungan RAB untuk masing-masing fondasi.

### Daya Dukung Tiang Tunggal

#### a. Fondasi Bore Pile

Untuk mencari Daya Dukung Fondasi Bored Pile tunggal berdasarkan hasil SPT (Standart Penetration Test) dapat dihitung menggunakan Metode *Reese and Wright* (1977):

Menghitung kapasitas daya dukung ujung tiang:

$$Q_p = A_p \times q_p$$

$$q_p = 9 \times C_u$$

$$C_u = \frac{2}{3} \times N \times 10$$

Menghitung daya dukung selimut:

$$Q_s = f_s \times L \times P$$

$$f_s = \frac{1}{100} \times \sigma_r \times N_p$$

Menghitung daya dukung ultimit:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Menghitung daya dukung ijin:

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS}$$

Dimana:

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung tiang (m)

$A_p$  = Luas penampang tiang ( $m^2$ )

$q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas ( $ton/m^2$ )

$C_u$  = Kohesi tanah ( $ton/m^2$ )

$Q_s$  = Daya dukung selimut ( $kN/m^2$ )

$L$  = Panjang tiang (m)

$P$  = Keliling penampang tiang (m)

$f_s$  = Tahanan *skin friction* ( $kN/m^2$ )

$\sigma_r$  = Tegangan referensi (100 kPa)

$N_p$  = Rerata N-SPT diatas (8D) dan di bawah (4D) di bawah ujung tiang

$Q_{all}$  = Daya dukung ijin ( $kN/m^2$ )

$Q_u$  = Daya dukung ultimit ( $kN/m^2$ )

$FS$  = angka aman untuk tahanan ujung tiang (3)

#### b. Fondasi Mini Pile

Untuk mencari Daya Dukung Fondasi Mini Pile tunggal berdasarkan hasil SPT dapat dihitung menggunakan Metode Mayerhoff (1956):

Menghitung kapasitas daya dukung ujung tiang:

$$Q_p = 40 \times A_p \times N_p$$

Menghitung daya dukung selimut:

$$Q_s = \frac{A_s \times N_s}{100}$$

Menghitung daya dukung ultimit:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Menghitung daya dukung ijin:

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS}$$

Dimana:

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung tiang ( $kN/m^2$ )

$A_p$  = Luas penampang tiang ( $m^2$ )

$N_p$  = Rerata N-SPT diatas (8D) dan di bawah (4D) di bawah ujung tiang

$Q_s$  = Daya dukung selimut ( $kN/m^2$ )

$A_s$  = Luas penampang selimut tiang ( $m^2$ )

$N_s$  = Nilai N-SPT rata-rata sepanjang tiang bor dari permukaan hingga ujung tiang.

$Q_{all}$  = Daya dukung ijin ( $kN/m^2$ )

$Q_u$  = Daya dukung ultimit ( $kN/m^2$ )

$FS$  = angka aman untuk tahanan ujung tiang

### Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

- a. Menghitung jumlah tiang yang dibutuhkan (n)

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}}$$

Dimana:

$n$  = Jumlah tiang yang dibuthkan (titik)

$Q_{all}$  = Daya dukung tiang ijin (kN)

$Q_v$  = Beban aksial/vertical yang terjadi (kN)

- b. Menentukan efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ )

Perhitungan efisiensi kelompok tiang perlu dilakukan setelah mengetahui jumlah tiang yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus dari *Converse-Labarre* dari *Uniform Building Code AASTHO* sebagai berikut:

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

Dimana:

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang (%)

$m$  = jumlah baris tiang

$n'$  = jumlah tiang dalam satuan baris

$\theta$  =  $\arctg \frac{D}{s}$

- c. Menghitung daya dukung kelompok tiang ( $Q_{all}(\text{group})$ )

$$Q_{all}(\text{group}) = E_g \times N \times Q_{all}$$

Kontrol =  $Q_{all}(\text{group}) > Q_v$  (OK)

Dengan:

$Q_{all}(\text{group})$  = Daya dukung kelompok tiang (kN)

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang (%)

$N$  = Jumlah tiang dalam satu kelompok tiang

$Q_{all}$  = Daya dukung ijin tiang (kN)

$Q_v$  = Beban aksial/ertical yang terjadi (kN)

### Penurunan Fondasi

Penurunan Elastik Tiang Kelompok, Besarnya penurunan ini tergantung pada keentuan dari fondasi dan tipe dari material dimana fondasi tersebut berada. Mayerhoff (1976) memberikan rumus tentang penurunan elastik kelompok tiang untuk nilai N-SPT sebagai berikut:

$$S_g(e) = \frac{0,96 \times q \times \sqrt{B_g} \times l}{N}$$

Dimana:

$S_g$  = Penurunan kelompok tiang (mm)

$$q = \frac{Q_v}{(L_g \times B_g)}$$

$B_g$  = Lebar kolom tiang (m)

$N$  = N-SPT rata-rata pada kedalaman  $B_g$  di bawah dasar fondasi

$$I = \text{Faktor Pengaruh} = 1 - \frac{L}{(8 \times B_g)} \geq 0,50$$

$L$  = Panjang tiang (m)

Setelah perhitungan penurunan kemudian dilakukan perhitungan penurunan ijin, untuk pengecekan  $S_g < S$  ijin.

Berikut merupakan rums Penurunan ijin:

$$S \text{ ijin} = 15 + \frac{B}{600}$$

Dengan:

$S$  ijin = Penurunan ijin

$B$  = Lebar bangunan

### Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perkiraan total biaya yang dibutuhkan dalam suatu proyek, yang digunakan sebagai dasar perhitungan harga serta sebagai acuan dalam pelaksanaan kegiatan pembangunan. Penyusunan RAB ini mengacu pada Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah Kota Malang Tahun 2024 sebagai pedoman perhitungan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembebanan Struktur Atas

Hasil analisis pembebanan struktur atas menggunakan software ETABS menghasilkan nilai beban nilai aksial fondasi ( $Q_v$ ) terbesar untuk Kolom K1 adalah 2240,678 kN, kolom K2 adalah 125,974 kN, kolom K3 adalah 261,242 kN, kolom K4 adalah 395,587 kN.

### Perhitungan Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal

#### 1. Fondasi Bore Pile

Berikut merupakan perhitungan daya dukung tiang tunggal pada fondasi bore pile kolom K1:

$$\begin{aligned} q_p &= 9 \times C_u \\ C_u &= \frac{2}{3} \times N \times 10 \\ &= \frac{2}{3} \times 54,5 \times 10 \\ &= 363,333 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Menghitung kapasitas daya dukung ujung tiang:

$$\begin{aligned} Q_p &= 363,333 \times 0,096 \\ &= 34,957 \text{ Ton} \\ &= 342,811 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung selimut:

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \times f_s \\ f_s &= \frac{1}{100} \times \sigma_r \times N_p \\ &= \frac{1}{100} \times 100 \times 54,5 \\ &= 54,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= 16,499 \times 54,5 \\ &= 899,190 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung ultimit:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 342,811 + 899,190 \end{aligned}$$

$$= 1242,001 \text{ kN}$$

Menghitung daya dukung ijin:

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_u}{FS} \\ &= \frac{1242,001}{3} \\ &= 414 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### 2. Fondasi Mini Pile

Berikut merupakan perhitungan daya dukung tiang tunggal pada fondasi mini pile kolom K1:

Menghitung kapasitas daya dukung ujung tiang:

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times A_p \times N_p \\ &= 40 \times 0,049 \times 54,9 \\ &= 107,796 \text{ Ton} \\ &= 1057,125 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung selimut:

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{A_s \times N_s}{100} \\ &= \frac{11,785 \times 22,958}{100} \\ &= 2,706 \text{ Ton} \\ &= 26,533 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung ultimit:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 1057,125 + 26,533 \\ &= 1083,658 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung ijin:

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_u}{FS} \\ &= \frac{1083,658}{3} \\ &= 361,219 \text{ kN} \end{aligned}$$

### Perhitungan Nilai Daya Dukung Tiang Kelompok

#### 1. Fondasi Bore Pile

Berikut merupakan perhitungan daya dukung kelompok tiang pada *pile cap* F1:

a. Data rencana fondasi

- BJ Beton bertulang = 24 kN/m<sup>3</sup>

- Panjang pile cap ( $L_g$ ) berdasarkan persamaan

$$\begin{aligned} L_g &= [(n1-1) \times d] + [2 \times \frac{D}{2}] \\ &= [(3-1) \times 1,05] + [2 \times \frac{0,35}{2}] \\ &= 2,48 \text{ m} \end{aligned}$$

- Lebar pile cap ( $B_g$ ) berdasarkan persamaan

$$\begin{aligned} B_g &= [(n2-1) \times d] + [2 \times \frac{D}{2}] \\ &= [(2-1) \times 1,05] + [2 \times \frac{0,35}{2}] \\ &= 1,4 \text{ m} \end{aligned}$$

- Panjang tiang ( $L$ ) = 15 m

- Diameter tiang ( $D$ ) = 0,35 m

- Tebal pile cap ( $h$ ) = 0,5 m

- Beban kolom K1 ( $P$ ) = 2617 kN

- b. Penentuan efisiensi jarak antar fondasi  
 $d = 3 \times D$   
 $= 3 \times 0,35$   
 $= 1,05 \text{ m}$
- c. Penentuan jarak as fondasi ke tepi pile cap  
 Jarak as fondasi ke tepi pile cap  $= 2,5 \times D$   
 $= 2,5 \times 0,35$   
 $= 0,875 \text{ m}$
- d. Kebutuhan jumlah tiang kelompok  
 $n = \frac{P}{Q_{all}}$   
 $= \frac{2240,68}{\frac{414}{5,412}} \approx 6$   
 Jadi asumsi jumlah tiang (n) pada pile cap fondasi bor pile di kolom K1 berjumlah 6 tiang.
- e. Volume pile cap  
 $V = L_g \times B_g \times h$   
 $= 2,45 \times 1,4 \times 0,5$   
 $= 1,715 \text{ m}^3$
- f. Beban pile cap  
 $W = \rho \times V$   
 $= 24 \times 1,15$   
 $= 41,16 \text{ kN}$
- g. Total beban  
 $P_{total} = P + W$   
 $= 2240,68 + 41,16$   
 $= 2281,84 \text{ kN}$
- h. Perhitungan efisiensi kelompok tiang  
 $E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'}$   
 $\theta = \arctg \left( \frac{0,30}{0,75} \right)$   
 $= 0,423$   
 $E_g = 1 - 0,423 \times \frac{(6-1) \times 3 + (6-1) \times 3}{90 \times 6 \times 3}$   
 $= 0,993$
- i. Kapasitas daya dukung ultimit tiang  
 $Q_g = E_g \times n \times Q_{all}$   
 $= 0,993 \times 6 \times 414$   
 $= 2466,5 \text{ kN} \geq 2281,84 \text{ kN} \quad (\text{OK})$

## 2. Fondasi Mini Pile

Berikut merupakan perhitungan daya dukung kelompok tiang pada pile cap P1:

- a. Data rencana fondasi
- BJ Beton bertulang  $= 24 \text{ kN/m}^3$
  - Panjang pile cap ( $L_g$ )  $= 2,75 \text{ m}$
  - $L_g = [(n1-1) \times d] + [2 \times \frac{D}{2}]$   
 $= [(3-1) \times 0,75] + [2 \times \frac{0,25}{2}]$   
 $= 2,5 \text{ m}$
  - Lebar pile cap ( $B_g$ ) berdasarkan persamaan
  - $B_g = [(n2-1) \times d] + [2 \times \frac{D}{2}]$   
 $= [(3-1) \times 0,625] + [2 \times \frac{0,25}{2}]$

- $= 2,5 \text{ m}$
  - Panjang tiang( $L$ )  $= 15 \text{ m}$
  - Diameter tiang ( $D$ )  $= 0,25 \text{ m}$
  - Tebal pile cap ( $h$ )  $= 0,5 \text{ m}$
  - Beban kolom K1 ( $P$ )  $= 2468,68 \text{ kN}$
- b. Penentuan efisiensi jarak anatar fondasi  
 $d = 3 \times D$   
 $= 3 \times 0,25$   
 $= 0,75 \text{ m}$
- c. Penentuan jarak as fondasi ke tepi pile cap  
 Jarak as fondasi ke tepi pile cap  $= 2,5 \times D$   
 $= 2,5 \times 0,25$   
 $= 0,625 \text{ m}$

- d. Kebutuhan jumlah tiang kelompok fondasi  
 $n = \frac{P}{Q_{all}}$   
 $= \frac{2240,68}{\frac{361,219}{6,203}} \approx 7$   
 Jadi asumsi jumlah tiang (n) pada pile cap fondasi bor pile di kolom K1 berjumlah 7 tiang.
- e. Volume pile cap  
 $V = L_g \times B_g \times h$   
 $= 2,5 \times 2,5 \times 0,5$   
 $= 3,125 \text{ m}^3$
- f. Beban pile cap  
 $W = \rho \times V$   
 $= 24 \times 3,125$   
 $= 75 \text{ kN}$
- g. Total beban  
 $P_{total} = P + W$   
 $= 2240,68 + 75$   
 $= 2315,678 \text{ kN}$
- h. Perhitungan efisiensi kelompok tiang  
 $E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'}$   
 $\theta = \arctg \left( \frac{0,30}{0,75} \right)$   
 $= 0,423$   
 $E_g = 1 - 0,423 \times \frac{(3-1) \times 7 + (2-1) \times 7}{90 \times 3 \times 7}$   
 $= 0,993$
- i. Kapasitas daya dukung ultimit  
 $Q_g = E_g \times n \times Q_{all}$   
 $= 0,993 \times 7 \times 2510,43$   
 $= 2510,43 \text{ kN} \geq 2315,678 \text{ kN} \quad (\text{OK})$

Setelah dilakukan perhitungan daya dukung tiang tunggal dan kelompok tiang, berikut merupakan rangkuman dari hitungan yang telah dilakukan:

**Tabel 1.** Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal dan Kelompok Tiang

| Jenis Fondasi | Jenis Kolom | Panjang Tiang (m) | Diameter (m) | Qp (kN)  | Qs (kN)  | Qu (kN)  | Qall (kN) | Qall Group(kN) |
|---------------|-------------|-------------------|--------------|----------|----------|----------|-----------|----------------|
| Bore Pile     | K1          | 15                | 0.35         | 342.8113 | 899.1899 | 3638.742 | 414.0004  | 2466.4988      |
| Bore Pile     | K2          | 15                | 0.25         | 176.1874 | 646.9925 | 274.3933 | 274.3933  |                |
| Bore Pile     | K3          | 15                | 0.25         | 176.1874 | 823.1799 | 274.3933 | 274.3933  |                |
| Bore Pile     | K4          | 15                | 0.25         | 176.1874 | 823.1799 | 274.3933 | 274.3933  |                |
| Mini Pile     | K1          | 15                | 0.25         | 107.796  | 26.53314 | 1083.658 | 361.2192  | 2505.1466      |
| Mini Pile     | K2          | 15                | 0.20         | 53.470   | 21.22651 | 545.591  | 181.8637  |                |
| Mini Pile     | K3          | 15                | 0.20         | 53.470   | 21.22651 | 545.591  | 181.8637  |                |
| Mini Pile     | K4          | 15                | 0.20         | 53.470   | 21.22651 | 545.591  | 181.8637  | 545.59107      |

$$= 15 + \frac{2000}{600}$$

$$= 18,333 \text{ cm}$$

**Perhitungan Penurunan Elastis**

**1. Fondasi Bore Pile**

$$S_g = \frac{0,96 \times q \times \sqrt{Bg} \times l}{N}$$

$$q = \frac{Q_v}{(L \times B \times g)}$$

$$= \frac{228481,915}{(245 \times 140)}$$

$$= 6,661 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 1 - \frac{L}{(8 \times B \times g)} \geq 0,50$$

$$= 1 - \frac{15}{(8 \times 140)} \geq 0,50$$

$$= 0,986$$

$$N = 54,5$$

$$S_g = \frac{0,96 \times q \times \sqrt{Bg} \times l}{N}$$

$$= \frac{0,96 \times 6,661 \times \sqrt{140} \times 0,986}{54,5}$$

$$= 1,370 \text{ cm}$$

Jadi, untuk nilai total penurunan elastis tiang kelompok fondasi *bore pile* pada kolom F1 adalah 1,370 cm.

**2. Fondasi Mini Pile**

$$S_g = \frac{0,96 \times q \times \sqrt{Bg} \times l}{N}$$

$$q = \frac{Q_v}{(L \times B \times g)}$$

$$= \frac{228481,915}{(250 \times 250)}$$

$$= 1,003 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 1 - \frac{L}{(8 \times B \times g)} \geq 0,50$$

$$= 1 - \frac{15}{(8 \times 250)} \geq 0,50$$

$$= 0,992$$

$$N = 54,9$$

$$S_g = \frac{0,96 \times q \times \sqrt{Bg} \times l}{N}$$

$$= \frac{0,96 \times 1,003 \times \sqrt{400} \times 0,992}{54,9}$$

$$= 1,003 \text{ cm}$$

Jadi, untuk nilai total penurunan elastis tiang kelompok fondasi mini pile pada pile cap P1 adalah 1,003.

**3. Perhitungan Penurunan Ijin**

Setelah perhitungan penurunan kemudian dilakukan perhitungan penurunan ijin, untuk pengecekan  $S_g < S_{ijin}$ . Berikut merupakan perhitungan penurunan ijin:

$$S_{ijin} = 15 + \frac{B}{600}$$

**Perhitungan Rencana Anggaran Biaya**

Penyusunan RAB didasarkan pada hasil perhitungan volume pekerjaan serta daftar harga satuan upah dan material yang berlaku di wilayah lokasi proyek. Melalui RAB, perencana dapat mengestimasi kebutuhan dana secara tepat, mengendalikan biaya selama pelaksanaan, serta menjamin efisiensi dan transparansi penggunaan anggaran sesuai dengan standar Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang berlaku.

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan fondasi pada Proyek Pembangunan Gedung Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Malang sebesar Rp. 2.523.898.404,29 untuk fondasi *bor pile* dan Rp. 2.082.656.831,17 untuk tiang *mini pile*.

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan analisa perhitungan fondasi Bore Pile dan fondasi Mini Pile yang sudah dilakukan sebelumnya, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis pembebanan struktur atas menggunakan software ETABS menghasilkan nilai beban nilai aksial fondasi (Qv) terbesar untuk Kolom K1 adalah 2240,678 kN, kolom K2 adalah 125,974 kN, kolom K3 adalah 261,242 kN, kolom K4 adalah 395,587 kN.
2. Setelah dilakukan perhitungan untuk nilai kapasitas daya dukung (Bearing Capacity) pada perencanaan fondasi Proyek Pembangunan Gedung Program Studi teknik Listrik Politeknik Negeri Malang, didapatkan hasil daya dukung tiang tunggal yaitu pada fondasi bore pile kolom K1 414 kN dan pada kolom K2, K3, K4 adalah 274 kN, untuk kelompok tiang pada pile cap F1 dengan daya dukung 2466,499 kN. Pada Fondasi mini pile kolom K1 dengan daya dukung 361,219 dan pada kolom K2,K3,K4 dengan daya dukung 181,864 kN, untuk kelompok tiang pada pile cap F1 dengan daya dukung 2505,147 dan pada F4 dengan daya dukung 545,591 kN.
3. Berdasarkan poin ke 2 yang telah di jelaskan di atas, maka untuk dimensi fondasi bore pile adalah 35 cm dan 25 cm, pada fondasi mini pile 25 cm dan 20 cm, masing-masing fondasi berbentuk lingkaran.
4. Hasil analisis penurunan total fondasi tiang pada fondasi bore pile untuk tiang F1 adalah 1,370 cm, pada fondasi mini pile tiang P1 adalah 1,003 cm dan pada tiang P4 adalah 0,542 cm. Dari nilai penurunan tersebut dikatakan aman karena lebih kecil dari penurunan yang di izinkan yaitu 18,333 cm.
5. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan fondasi pada Proyek Pembangunan Gedung Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Malang sebesar Rp. 2.523.898.404,29 untuk fondasi bor pile dan Rp. 2.082.656.831,17 untuk tiang mini pile.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Das, Braja. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)* Jakarta: Erlangga.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 2847:2019 Perhitungan kombinasi ASD (Allowable stresses design) dan LFRD (Load and Resistance Factor Design) Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2020. SNI 1727:2020 Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [5] *Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [6] Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. SNI 8460-2017. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [7] Arsyad, N., Yanti, R. N., & Akbar, H. (2021). Analisa Daya Dukung Fondasi Bored Pile pada Gedung Kantor Satpol PP Kota Bukittingi. *Jurnal Rivet*.
- [8] Jusi, U. (2015). Analisa Kuat Dukung Fondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test).
- [9] Annisa Dewi Fitriani. (2023). *Studi Perencanaan Fondasi Tiang Bor (Bore Pile) RS Pada Gedung UNIMUDA Sorong*.
- [10] Khairunnisa & Jihan. (2025). *Analisis Daya Dukung Fondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT Pada Proyek Pembangunan RSUD Kota Yogyakarta*.
- [11] Disa, E., Sholeh, M., & Aponno, G. (2021). Studi Alternatif Perencanaan Pondasi Tiang Bor Fakultas Farmasi Universitas Airlangga Surabaya. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 2(1), 137-142.
- [12] Mahmudi, A. (2023). Analisis hasil pengujian sondir untuk mengetahui kapasitas dukung dan penurunan pondasi tiang pancang dan bore pile terhadap variasi dimensi di lokasi UBHARA Surabaya. *Inter Tech*, 1(1), 43-51.
- [13] Marianti S, A., Indra, S., & Megananda, S. (2020). Studi Alternatif Perencanaan Struktur Bawah Gedung Menggunakan Pondasi Bore Pile (Studi Kasus Gedung Pascasarjana Unisma). *Jurnal sondir*, 4(1).
- [14] Pratama, Chiko Dicky, Ardianto, Defryan. (2022). *Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Seketika Fondasi Mini Pile Pada Gedung Fraksi Dprd Kudus*. Undergraduate thesis, Universitas Islam Sultan Agung.
- [15] Mutaqwiroh. S. (2025). *Analisa Perbandingan Fondasi Spun Pile Dan Fondasi Bored Pile Pada Proyek RS Mitra Keluarga Sidoarjo*.
- [16] Kadzim, Muhammad Musa Al. (2019) *Analisa Pebandingan Fondasi Tiang Pancang dengan Tiang Bor pada Gedung Kuliah Politeknik Negeri Madiun*.