

## ANALISIS PERBANDINGAN PONDASI JACK IN SPUN PILE DAN BORED PILE BERDASARKAN DAYA DUKUNG, METODE DAN BIAYA PADA APARTMEN SUNCITY RESIDENCE SIDOARJO

Iffa Mauriska Khairunnisa<sup>1</sup>, Gerard Aponno<sup>2</sup>, Moch. Sholeh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, <sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

Email: <sup>1</sup>[iffamauriskal@gmail.com](mailto:iffamauriskal@gmail.com), <sup>2</sup>[gaponno@gmail.com](mailto:gaponno@gmail.com), <sup>3</sup>[moch.sholeh@gmail.com](mailto:moch.sholeh@gmail.com)

### ABSTRAK

Proyek Apartmen Suncity Residence merupakan salah satu bangunan apartmen yang terletak di Kabupaten Sidoarjo dan berada di kawasan lingkungan padat penduduk. Konstruksi bangunan ini direncanakan menggunakan kombinasi antara pondasi tiang pancang yang diletakkan pada area tower dan pondasi tiang bor disekelilingnya. Pada skripsi ini akan direncanakan pondasi *jack in spun pile* dan *bored pile* di seluruh area proyek.

Tesis ini bertujuan untuk menganalisis pondasi yang direncanakan tersebut meliputi : perhitungan daya dukung tanah dan penurunan, metode pelaksanaan serta rencana anggaran biaya yang dibutuhkan pada pelaksanaan pekerjaan. Data yang digunakan diantaranya adalah data laboratorium dan hasil SPT (*Standart Penetration Test*), gambar kerja dan HSPK Kota Sidoarjo Tahun 2019.

Hasil analisis pada pondasi *jack in spun pile* didapat nilai daya dukung tiang di titik B2 = 1385.261 kN, B3= 1144.210 kN, dan B4 = 1657.552 kN ; jumlah tiang sebanyak 628 tiang; menggunakan alat berat *Hydraulic Static Pile Driver* dengan metode sistem pemancangan tekan; untuk biaya proyek sebesar Rp 29,416,409,975. Sedangkan pada pondasi *bored pile* didapat nilai daya dukung tiang di titik B2 = 1379.435 kN, B3=1144.210 kN, dan B4 = 1642.535 kN ; jumlah tiang sebanyak 629 tiang; menggunakan alat *Rotary Drilling Machines* dengan menggunakan sistem metode kering; untuk biaya proyek sebesar Rp 33,289,359,153. Dimensi untuk kedua jenis pondasi sama yaitu dengan panjang tiang 40 m dan Ø60 cm.

**Kata kunci :** pondasi tiang tekan, pondasi tiang bor, daya dukung, HSPD

### ABSTRACT

*Suncity Residence Apartmen Project is one of the apartmen building that located in Sidoarjo and be surrounded with densely populated urban areas. The building construction was planned by combination of driven pile in the tower area and bored pile around it. This thesis will design foundation of jack in spun pile and bored pile at whole area project.*

*The purpose is to analyze the designed foundation including the value bearing capacity of soil, determine the implementation method, and the cost estimate that needed for the work implementation. The required data were of the results of laboratorium data and Standard Penetration Test (SPT), shop drawings and work unit price of Sidoarjo 2019.*

*The analysis resulted in jack in spun pile foundation is bearing capacity at B2 = 1385.261 kN, B3= 1144.210 kN, and B4 = 1657.552 kN; 628 piles; using Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) and applying jack in method system for the pile; with cost estimate Rp 29,416,409,975. While foundation of bored pile has the bearing capacity at B2 = 1379.435 kN, B3= 1144.210 kN, and B4 = 1642.535 kN; 629 piles; using Rotary Drilling Machines and applying dry method system; with cost estimate Rp 33,289,359,153. The dimension of jack in spun pile and bored pile; 40 m deep Ø60cm.*

**Keywords :** jack in spun pile, bored pile, bearing capacity, HSPD

**1. PENDAHULUAN**

Perencanaan suatu struktur pondasi ini mempertimbangkan berbagai hal diantaranya karakteristik lapisan tanah, besar pembebanan, persyaratan struktur atas, faktor lingkungan dan dampak terhadap sekitar. Proyek Apartmen Suncity Residence merupakan salah satu bangunan apartmen yang terletak di Kabupaten Sidoarjo dan berada di kawasan lingkungan yang padat penduduk. Pada struktur pondasi bangunan ini direncanakan menggunakan kombinasi antara pondasi tiang pancang di area tower yang sekelilingnya digunakan pondasi tiang bor. Pelaksanaan pekerjaan tersebut juga mempertimbangkan beberapa efek yang dapat ditimbulkan, khususnya lingkungan penduduk yang hampir berdempetan dengan lokasi proyek Tetapi akibat yang ditimbulkan dari pelaksanaan struktur pondasi tidak bisa dihindari karena adanya komplain dari warga sekitar terkait dengan suara bising dan getaran yang dihasilkan dari alat pemancangan pondasi tersebut. Oleh karena itu untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari pekerjaan struktur pondasi di lingkungan padat penduduk, pada studi kali ini penulis mencoba menganalisis dengan membandingkan 2 jenis pondasi berdasarkan nilai daya dukung, perencanaan metode pelaksanaan dan biaya yang dikeluarkan dengan mengambil judul “Analisis Perbandingan Pondasi *Jack in Spun Pile* dan *Bored Pile* Berdasarkan Daya Dukung, Metode dan Biaya Pada Apartmen Suncity Residence Sidoarjo”.

**2. METODE**

**Daya Dukung Tiang Tunggal**

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS} = \frac{Q_b + Q_s}{FS}$$

Dimana,

$Q_{all}$  : daya dukung ijin tiang (kN)

$Q_p$  : tahanan ujung batas (kN)

$Q_s$  : tahanan samping (kN)

FS : angka keamanan

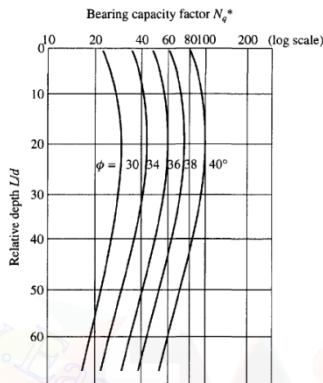
**a. Berdasarkan Parameter Data Laboratorium**

- Perhitungan Tahanan Ujung Batas ( $Q_b$ )

Jika ujung tiang berada pada tanah pasir

$$Q_b = q_0' N_q \times A_b$$

Dimana, nilai  $N_q$  diperoleh dari grafik **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Nilai  $N_q$  dan  $L/D$  (Coyle and Castello, 1981)

Jika ujung tiang berada pada tanah lempung

$$Q_b = A_b \times q_b$$

$$= A_b \times c_u \times N_c^* = A_b \times 9 \times c_u$$

- Perhitungan Tahanan Samping ( $Q_s$ )

Jika lapisan tanah pasir

$$Q_s = \sum A_s f_s = \sum p \Delta L f_s$$

$$f_s = K \sigma_0' \tan(0,8\phi)$$

Dimana, nilai K diperoleh dari **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Koefisien nilai  $K_0$  berdasarkan tipe tiang

| Pile type         | K                             |
|-------------------|-------------------------------|
| Bored or jetted   | $\approx K_0 = 1 - \sin \phi$ |
| Low-displacement  | $\approx K_0$ to $1.4 K_0$    |
| High-displacement | $\approx K_0$ to $1.8 K_0$    |

**b. Berdasarkan Uji Langsung N-SPT**

Pada perhitungan daya dukung tiang tunggal data N-SPT, digunakan rumus Decourt et al, 1996 :

- Perhitungan Tahanan Ujung ( $Q_b$ )

$$Q_b = \alpha K N_b A_b$$

Dimana,

$N_b$  :  $N_{72}$  dekat dengan ujung tiang

Nilai koefisien ujung  $\alpha$  dan koefisien K dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**

**Tabel 2.** Koefisien K dan tipe tiang

| Soil         | Driven Piles     |     | Bored Piles      |     |
|--------------|------------------|-----|------------------|-----|
|              | t/m <sup>2</sup> | kPa | t/m <sup>2</sup> | kPa |
| Clays        | 12               | 120 | 10               | 100 |
| Silty sands  | 20               | 200 | 12               | 120 |
| Clayey sands | 25               | 250 | 14               | 140 |
| Sands        | 40               | 400 | 20               | 200 |

**Tabel 3.** Koefisien  $\alpha$

| Soil/pile          | Driven pile | Bored pile | Bored pile (bentonite) | Continuous hollow auger | Root piles |
|--------------------|-------------|------------|------------------------|-------------------------|------------|
| Clay               | 1.0         | 0.85       | 0.85                   | 0.30*                   | 0.85*      |
| Intermediate soils | 1.0         | 0.60       | 0.60                   | 0.30*                   | 0.60*      |
| Sands              | 1.0         | 0.50       | 0.50                   | 0.30*                   | 0.50*      |

- Perhitungan Tahanan Samping ( $Q_s$ )

$$Q_s = P \beta \sum 10 (Nm/3 + 1) \Delta L$$

Dimana,

$N_m$  : rata-rata  $N_{72}$  setiap lapisan tanah  $\Delta L$

Nilai koefisien samping  $\beta$  dapat dilihat pada

**Tabel 4**

**Tabel 4.** Koefisien samping  $\beta$

| Soil/pile          | Driven pile | Bored pile | Bored pile (bentonite) | Continuous hollow auger | Root piles |
|--------------------|-------------|------------|------------------------|-------------------------|------------|
| Clay               | 1.0         | 0.80       | 0.90*                  | 1.0*                    | 1.5*       |
| Intermediate soils | 1.0         | 0.65       | 0.75*                  | 1.0*                    | 1.5*       |
| Sands              | 1.0         | 0.50       | 0.60*                  | 1.0*                    | 1.5*       |

Note

\*Conservative values; require validation from further load testing data.

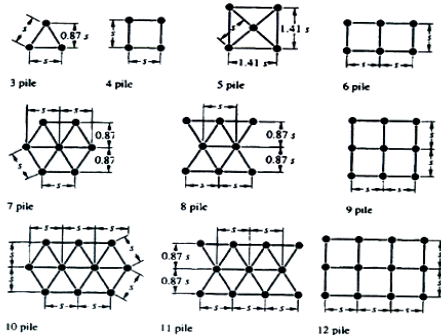
**Jumlah dan Konfigurasi Tiang**

Jumlah tiang (n) = P / Qall

Dimana,

P : Beban yang bekerja (kN)

Konfigurasi tiang dapat dilihat pada **Gambar 2**



**Gambar 2.** Pola-pola kelompok tiang

**Daya Dukung Tiang Kelompok**

Daya Dukung Kelompok pada lempung :

- Aksi Individual

$$Qg(u) = n (Qb + Qs)$$

- Aksi Blok

$$Qpg = Apgqp$$

$$= (LgBg) Cu(p)Nc^*$$

$$Qsg = \sum pgCu(s)\Delta L$$

$$= \sum 2(Lg + Bg)Cu(s)\Delta L$$

$$Qg(u) = LgBgCu(p)Nc^* + \sum 2(Lg + Bg)Cu(s)\Delta L$$

Jika jarak antar tiang (S) < 3D maka daya dukung kelompok tiang dihitung berdasarkan aksi individu dan aksi blok. Tetapi apabila S > 3D, cukup dihitung dengan aksi individu saja. Kontrol pengecekan daya dukung kelompok tiang dimana nilai daya dukung kelompok harus lebih besar dari beban yang bekerja (Qg > Qv).

**Distribusi Beban Kelompok Tiang**

$$Qp = \frac{Qv}{n} + \frac{My.x}{\sum x^2} + \frac{Mx.y}{\sum y^2}$$

Dimana,

Qp : beban pada kelompok tiang

n : jumlah tiang

Qv : beban vertikal total yang bekerja pada titik pusat kelompok tiang

$\sum x^2$  : jumlah jarak masing-masing tiang terhadap sumbu

y-y

$\sum y^2$  : jumlah jarak masing-masing tiang terhadap sumbu

x-x

Kontrol pengecekan distribusi beban yaitu nilai beban pada masing-masing tiang pada kelompok tiang tidak boleh melebihi kapasitas daya dukung izin tiang (Qp < Qall).

**Penurunan Elastik**

$$Se = Se (1) + Se (2) + Se (3)$$

$$Se (1) = \frac{(Qwp + EQws)L}{ApEp}$$

$$Se (2) = \frac{Qwp Cp}{D qp}$$

$$Se (3) = \frac{Qws Cs}{L qp}$$

Dimana,

Qwp : tahanan ujung batas (kN)

Qws : tahanan samping (kN)

Ep : modulus elastisitas material tiang (kN/m<sup>2</sup>)

Cs : (0.93 + 0.16  $\sqrt{(L/D)}$ ) Cp

Nilai Cp dapat dilihat pada **Tabel 5**

**Tabel 5.** Koefisien empirik (Cp)

| Type of soil          | Driven Pile | Bored Pile  |
|-----------------------|-------------|-------------|
| Sand (dense to loose) | 0.02 – 0.04 | 0.09 – 0.18 |
| Clay (stiff to soft)  | 0.02 – 0.03 | 0.03 – 0.06 |
| Silt (dense to loose) | 0.03 – 0.05 | 0.09 – 0.12 |

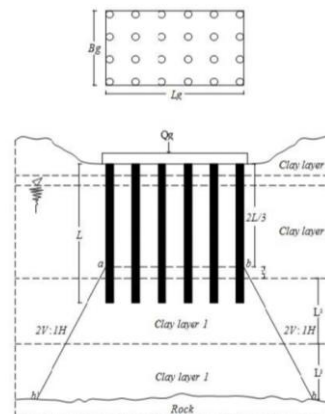
Maka penurunan elastik kelompok tiang :

$$Sg(e) = \sqrt{\left(\frac{Bg}{D}\right)Se}$$

Dimana,

Bg = lebar kelompok tiang (m)

**Penurunan Konsolidasi**



**Gambar 3.** Penyebaran tegangan 2V : 1H

$$\Delta\sigma_i = \frac{Qg}{(Bg + Zi).(Lg + Zi)}$$

Dimana,

$\Delta\sigma_i'$  : penambahan tegangan pada tengah lapisan i

Qg : beban yang bekerja pada kelompok tiang

Lg, Bg : panjang dan lebar kelompok tiang

Zi : jarak dari z = 0 sampai tengah lapisan ke-i

$$\Delta Sc(i) = \left[ \frac{Cc(i)Hi}{1 + eo(i)} \right] \log \left[ \frac{\sigma'0(i) + \sigma'(i)}{\sigma'0(i)} \right]$$

Dimana,

$\Delta Sc(i)$  : penurunan konsolidasi pada lapisan ke-i

eo(i) : angka pori awal pada lapisan ke-i

Cc(i) : indeks pemampatan

$\sigma'0(i)$  : tegangan total

$\sigma'(i)$  : tegangan efektif

Kontrol pengoreksian terhadap nilai penurunan konsolidasi tidak boleh melebihi penurunan yang diijinkan, yaitu sebesar 15 cm. ( $S_c \leq S_{ijin}$ ).

**Metode Pelaksanaan**

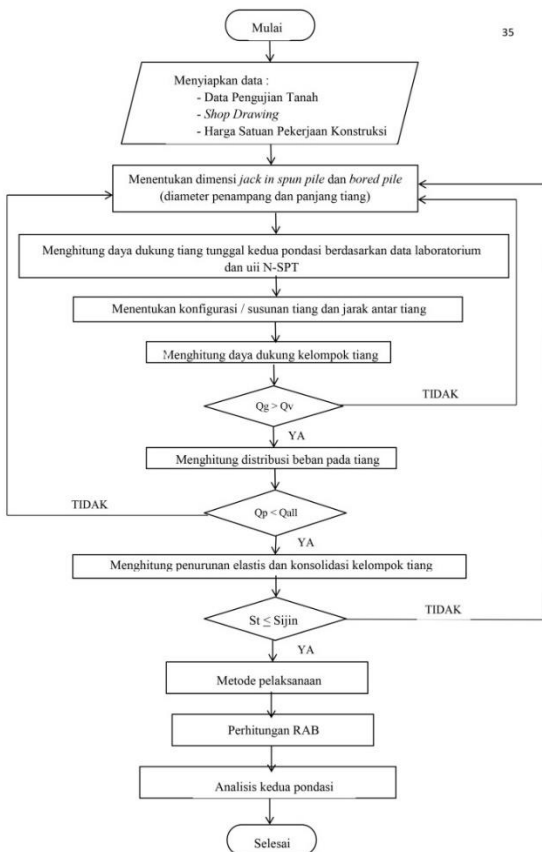
a. Metode pelaksanaan pondasi *jack in spun pile* menggunakan metode jack in atau dengan alat *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) yang dimana cara kerja pemancangan tiang dengan sistem tekan.

b. Metode pelaksanaan pondasi *bored pile* menggunakan alat *Rotary Drilling Machines* dan diawali dengan pembuatan lubang di tanah dengan pengeboran, menginstall besi tulangan ke dalam lubang yang dilanjutkan dengan pengecoran tiang bor dengan tremi.

**Rencana Anggaran Biaya**

Perhitungan anggaran biaya dimulai dengan menghitung volume pekerjaan dari data gambar rencana dan spek, analisis harga satuan pekerjaan yang mengacu pada HSPK Kabupaten Sidoarjo 2019, dan selanjutnya menghitung rencana anggaran biaya pada pelaksanaan struktu pondasi.

**Diagram Alir Perencanaan**



Gambar 4. Diagram alir perencanaan

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Daya Dukung Tiang Tunggal**

**a. Berdasarkan Parameter Data Laboratorium**

- Pondasi *jack in spun pile*

| Titik Borin g | Qb (kN)      | Qs (kN)      | Qu (kN)      | Qall (kN)    |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| B2            | 3040.77<br>6 | 1115.00<br>8 | 4155.78<br>4 | 1385.26<br>1 |
| B3            | 9997.68<br>9 | 2434.94<br>0 | 3432.62<br>9 | 1144.21<br>0 |
| B4            | 997.689      | 3974.96<br>7 | 4972.65<br>7 | 1657.55<br>2 |

- Pondasi *bored pile*

| Titik Borin g | Qb (kN)      | Qs (kN)      | Qu (kN)      | Qall (kN)    |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| B2            | 3040.77<br>6 | 1097.53<br>0 | 4138.30<br>6 | 1379.43<br>5 |
| B3            | 9997.68<br>9 | 2434.94<br>0 | 3432.62<br>9 | 1144.21<br>0 |
| B4            | 997.689      | 3929.91<br>7 | 4927.60<br>6 | 1642.53<br>5 |

**b. Berdasarkan Uji Langsung N-SPT**

- Pondasi *jack in spun pile*

| Titik Borin g | Qb (kN)      | Qs (kN)      | Qu (kN)      | Qall (kN)    |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| B2            | 2929.04<br>0 | 1979.49<br>2 | 4918.53<br>2 | 1639.51<br>1 |
| B3            | 508.680      | 1671.30<br>2 | 2179.98<br>2 | 726.661      |
| B4            | 1299.96<br>0 | 1672.35<br>3 | 2972.31<br>3 | 990.771      |

- Pondasi *bored pile*

| Titik Boring | Qb (kN) | Qs (kN)  | Qu (kN)  | Qall (kN) |
|--------------|---------|----------|----------|-----------|
| B2           | 734.760 | 1380.666 | 2115.426 | 705.142   |
| B3           | 360.315 | 1278.533 | 1638.848 | 546.283   |
| B4           | 324.990 | 1183.708 | 1508.698 | 502.895   |

**Jumlah Tiang**

Contoh perhitungan pada kolom C01 2 Zona A2 :

Untuk pondasi *jack in spun pile* :

$$n = 6878.114 / 1385.261 = 4.965 = 5 \text{ tiang}$$

Untuk pondasi *bored pile* :

$$n = 6878.114 / 1379.435 = 4.986 = 5 \text{ tiang}$$

Dimana nilai  $Q_v$  diambil dari analisa hasil pembebanan kombinasi ASD software *staadpro v8i*.

**Daya Dukung Kelompok Tiang**

Contoh perhitungan pada kolom C01 2 Zona A2 :

Untuk pondasi *jack in spun pile* (aksi individu) :

$$Q_g = 5 \times 1385.261 = 6926.307 \text{ kN}$$

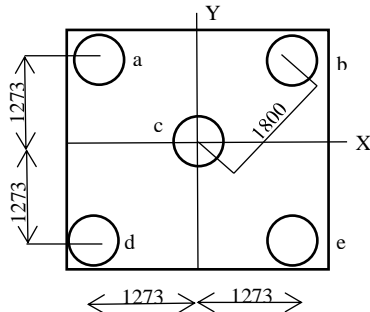
Sehingga,  $Q_g$  (6926.307 kN) >  $Q_v$  (6878.114 kN) ... **OK**

Untuk pondasi *bored pile* (aksi individu) :

$$Q_g = 5 \times 1379.435 = 6897.176 \text{ kN}$$

Sehingga,  $Q_g$  (6897.176 kN) >  $Q_v$  (6878.114 kN) ... **OK**

**Distribusi Beban Kelompok Tiang**



**Gambar 5.** Distribusi beban kelompok tiang

Contoh perhitungan pada kolom C01 2 Zona A2 :

$$- Q_{2a} = \frac{6878.14}{5} - \frac{0.832 \times 1.273}{4 \times 1.273^2} + \frac{64.217 \times 1.273}{4 \times 1.273^2} = 1373.867 \text{ kN}$$

( $Q_m$  1373.867 kN <  $Q_{all}$  1385.261 kN) ... **OK**

$$- Q_{2b} = \frac{6878.14}{5} + \frac{.832 \times 1.273}{4 \times 1.273^2} + \frac{64.217 \times 1.273}{4 \times 1.273^2} = 1374.194 \text{ kN}$$

( $Q_m$  1374.194 kN <  $Q_{all}$  1385.261 kN) ... **OK**

$$- Q_{2c} = \frac{6878.14}{5} = 1375.623 \text{ kN}$$

( $Q_m$  1375.623 kN <  $Q_{all}$  1385.261 kN) ... **OK**

$$- Q_{2d} = \frac{6878.14}{5} - \frac{0.832 \times 1.273}{4 \times 1.273^2} - \frac{64.217 \times 1.273}{4 \times 1.273^2} = 1367.052 \text{ kN}$$

( $Q_m$  1367.052 kN <  $Q_{all}$  1385.261 kN) ... **OK**

$$- Q_{2e} = \frac{6878.14}{5} + \frac{0.832 \times 1.273}{4 \times 1.273^2} - \frac{64.217 \times 1.273}{4 \times 1.273^2} = 1367.379 \text{ kN}$$

( $Q_m$  1367.379 kN <  $Q_{all}$  1385.261 kN) ... **OK**

**Penurunan Elastik**

Contoh perhitungan penurunan elastik tiang tunggal pada titik B2 :

$$Se_{(1)} = \frac{(3040.78 + (0.5) \times 1115.01) \times 40}{(0.25 \times 3.14 \times 0.6^2) \times 29725410} = 0.01713 \text{ m}$$

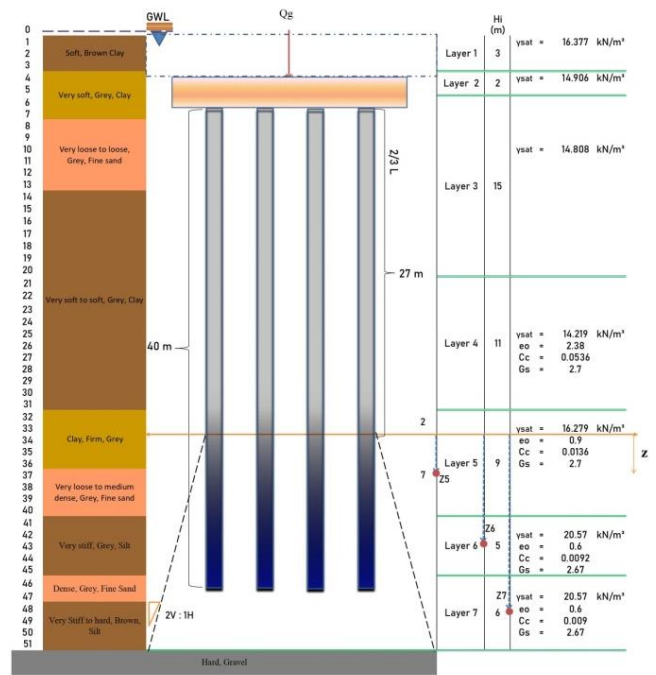
$$Se_{(2)} = \frac{3040.78 \times 0.025}{0.6 \times \left( \frac{3040.78}{0.25 \times 3.14 \times 0.6^2} \right)} = 0.01178 \text{ m}$$

$$Se_{(3)} = \frac{1115.01 \left( 0.93 + 0.16 \sqrt{\frac{40}{0.6}} \right) \times 0.025}{40 \times \left( \frac{3040.78}{0.25 \times 3.14 \times 0.6^2} \right)} = 0.0001448 \text{ m}$$

$$Se = 0.02905 \text{ m} = 29.050 \text{ mm}$$

$$Sg(e) = \sqrt{\frac{2.82}{0.6} \times 0.02905} = 0.063 \text{ m} = 63.042 \text{ mm}$$

**Penurunan Konsolidasi**



**Gambar 6.** Penyebaran distribusi tegangan titik B2

| Layer | $\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_w$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $H_i$<br>(m) | $\sigma'_0$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|-------|--|------------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| 1     | 16.377                                 | 9.81                               | 3            | 19.701                              |
| 2     | 14.906                                 |                                    | 2            | 10.192                              |
| 3     | 14.808                                 |                                    | 15           | 74.968                              |
| 4     | 14.219                                 |                                    | 11           | 48.504                              |

a. Layer 5  
 $\Delta Sc_{(5)} = \left[ \frac{0.014 \times 9}{1+0.9} \right] \log \left[ \frac{188.944 + 173.14}{188.944} \right] = 0.0182 \text{ m}$

b. Layer 6  
 $\Delta Sc_{(6)} = \left[ \frac{0.009 \times 5}{1+0.6} \right] \log \left[ \frac{238.485 + 45.597}{238.485} \right] = 0.0022 \text{ m}$

c. Layer 7  
 $\Delta Sc_{(7)} = \left[ \frac{0.009 \times 6}{1+0.6} \right] \log \left[ \frac{297.665 + 21.799}{297.665} \right] = 0.001054 \text{ m}$   
 $Sc = 0.021 \text{ m} = 21.421 \text{ mm}$

**Penurunan total**

$$= 63.042 + 21.421 = 84.463 \text{ mm}$$

Cek  $Stotal < S$  ijin (84.463 mm < 150 mm) ... **OK**

**Metode Pelaksanaan**

a. Pondasi *jack in spun pile*

Metode pelaksanaan pekerjaan *jack in spun pile* menggunakan alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD). Secara garis besar pemancangan alat HSPD untuk operasinya menggunakan sistem jepit kemudian menekan tiang tersebut.



**Gambar 7.** Hydraulic Static Pile Driver

Pelaksanaan pekerjaan :

1. Marking dan setting out titik-titik acuan pancang
2. Menggerakkan alat HSPD yang telah ditentukan (*moving to the point*)
3. Mengangkat tiang *spun pile* pada campling box dengan bantuan mobile crane.
4. Sistem *jack in* akan naik dan menjepit (*clamping*) tiang dengan penjepit. Kemudian tiang di tekan (*pulling*) dengan mesin hidrolik.
5. Proses pengelasan dan penyambungan tiang (*welding*) menggunakan sistem pengelasan penuh.
6. Pemotongan tiang dilakukan dengan menggunakan *cutter pile*.

b. Pondasi *bored pile*

Metode pelaksanaan pekerjaan *bored pile* menggunakan sistem kering. Pengeboran dilakukan dengan menggunakan alat berat *Rotary Drilling Machine*.



Gambar 8. *Rotary Drilling Machine*

Pelaksanaan pekerjaan :

1. Mengatur alat bor pada titik-titik *bored pile* sesuai dengan gambar rencana.
2. Merangkai tulangan pondasi *bored pile*.
3. Pengeboran dimulai dengan pemasangan mata bor auger. Kemudian dilakukan penggantian mata bor bucket karena lapisan tanah yang mulai lunak.
4. Pembersihan lubang bor menggunakan mata bor cleaning untuk memberihkan lumpur yang tertinggal.
5. Memasukkan tulangan yang telah dirangkai kedalam lubang yang telah dibor.
6. Melaksanakan pekerjaan pengecoran menggunakan pipa tremi dari dasar lubang menuju ke atas.

**Rencana Anggaran Biaya**

a. Pondasi *jack in spun pile*

| No | Uraian Pekerjaan            | Biaya            |
|----|-----------------------------|------------------|
| 1  | Pekerjaan Persiapan         | Rp 285,966,903   |
| 2  | Pekerjaan Galian dan urugan | Rp 560,502,033   |
| 3  | Pekerjaan Beton             | Rp 4,823,997,103 |
| 4  | Pekerjaan Pembesian         | Rp 3,240,634,576 |
| 5  | Pekerjaan Bekisting         | Rp 960,688,123   |

|                    |                            |                         |
|--------------------|----------------------------|-------------------------|
| 6                  | Pekerjaan Pemasangan       | Rp12,811,200,000        |
| 7                  | Pekerjaan Pembobokan Tiang | Rp 1,828,754,840        |
| 8                  | Sewa Alat Berat            | Rp 4,904,666,396        |
| <b>Total Biaya</b> |                            | <b>Rp29,416,409,975</b> |

b. Pondasi *bored pile*

| No                 | Uraian Pekerjaan            | Biaya                   |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1                  | Pekerjaan Persiapan         | Rp 285,966,903          |
| 2                  | Pekerjaan Galian dan urugan | Rp 1,198,804,303        |
| 3                  | Pekerjaan Beton             | Rp15,468,808,025        |
| 4                  | Pekerjaan Pembesian         | Rp14,035,094,330        |
| 5                  | Pekerjaan Bekisting         | Rp 964,539,144          |
| 6                  | Sewa Alat Berat             | Rp 1,336,146,449        |
| <b>Total Biaya</b> |                             | <b>Rp33,289,359,154</b> |

**4. KESIMPULAN**

1. Daya dukung tiang tunggal yang digunakan pondasi *jack in spun pile* pada titik borehole B2 = 1385.261 kN, titik borehole B3= 1144.210 kN, dan titik borehole B4 = 1657.552 kN. Daya dukung tiang tunggal yang digunakan pondasi *bored pile* pada titik borehole B2 = 1379.435 kN, titik borehole B3= 1144.210 kN, dan titik borehole B4 = 1642.535 kN.
2. Metode pada pelaksanaan pondasi *jack in spun pile* ialah metode *jack in* dengan pemasangan tiang dengan sistem tekan dan menggunakan alat *Hydraulic Static Pile Driver*. Sedangkan metode pada pelaksanaan pondasi *bored pile* ialah metode kering karena jenis tanah berdominasi lempung kaku. Pada metode kering ini pembuatan lubang dilakukan dengan mesin bor tanpa menggunakan casing dengan alat *Rotary Drilling Machine*.
3. Berdasarkan perhitungan biaya didapatkan rencana anggaran biaya pekerjaan pondasi *jack in spun pile* sebesar Rp 29,416,409,975. Sedangkan rencana anggaran biaya pekerjaan pondasi *bored pile* sebesar Rp 33,289,359,153.
4. Dari hasil kesimpulan diatas, pondasi *jack in spun pile* lebih efisien digunakan karena dilihat dari beberapa aspek seperti nilai daya dukung yang lebih besar, dengan metode pemasangan yang cukup efektif dan biaya yang lebih murah dari pada pondasi *bored pile*.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Ameratunga, Sivakugan & Das, M. 2016. Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering. Publisher, Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London.
- [2] Bowles, J. E. 1997. Foundation Analysis and Design. 5th ed. McGraw-Hill Edition. New York.
- [3] Coduto, P.D. 2001. Foundation Design Principles and Practices Second Edition. Publisher, California State

Polytechnic University, Pomona.

- [4] Das, M. B. 2016. Principles of Foundation Engineering 8th. Publisher, Global Engineering, Printed in the United States of America.
- [5] Huang, Bin An. 2018. Foundation Engineering and Design. Publisher, Taylor & Francis Group, LLC.
- [6] Schnaid, F. 2009. In Situ Testing in Geomechanics. Publisher, Taylor & Francis, In the USA and Canada.
- [7] Tomlinson, M & Woodward, J. 2008. Pile Design and Construction Practice Fifth Edition. Publisher, Taylor & Francis In the USA and Canada.