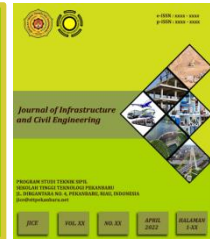




JICE
JOURNAL OF INFRASTRUCTURE AND CIVIL ENGINEERING
Web : <http://jice.sttp-yds.ac.id/index.php/jice/index>
ISSN : 2809-5030 (online) 2809-5227 (print)



Analisa Perbandingan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji Lapangan dan Data Laboratorium

Ulfa Jusi^{1*}, Sjelly Haniza², M. Bayu Putra Butar-Butar³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Pekanbaru-Riau, Indonesia

* ulfajusi@sttp-yds.ac.id

Abstract

Fondasi direncanakan agar dapat memikul struktur bangunan di atasnya, salah satu diantaranya adalah fondasi tiang. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya dukung dan penurunan tiang tunggal pada fondasi tiang pancang dengan menggunakan data Cone Penetration Test (CPT), Standard Penetration Test (SPT) dan uji laboratorium dengan menggunakan metode Mayerhof dan perhitungan penurunan tiang tunggal pada fondasi menggunakan Metode Empiris (Vesic, 1970) dan metode Semi Empiris (Vesic, 1977). Perhitungan daya dukung tiang pancang menghasilkan nilai daya dukung ultimit dari data Cone Penetration Test (CPT) sebesar 548,8898 kN, data Standard Penetration Test (SPT) sebesar 1.008,0932 kN, dan data laboratorium sebesar 615,2834 kN. Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal dengan metode empiris berdasarkan hasil data Cone Penetration Test (CPT) pada tiang pancang adalah 0,0108 m, hasil data Standard Penetration Test (SPT) adalah 0,245 dan hasil data uji laboratorium adalah 0,0184 m. Sedangkan hasil perhitungan penurunan tiang tunggal dengan metode semi empiris berdasarkan hasil data uji Cone Penetration Test (CPT) adalah 0,0389 m, hasil data uji Standard Penetration Test (SPT) adalah 0,0538 m serta hasil data uji laboratorium adalah 0,0162 m

Keywords: *Fondasi Tiang, Daya dukung, Penurunan, CPT, SPT*

1. Pendahuluan

Fondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang memikul beban bangunan di atasnya. [1] Fondasi direncanakan berdasarkan jenis, kekuatan, dan daya dukung tanah tempat berdirinya karena jika kekuatan tanah tidak mampu memikul beban fondasi, maka akan terjadi penurunan yang berlebihan atau keruntuhan pada tanah dan mengakibatkan kerusakan konstruksi yang berada di atasnya. [2] Sebelum dilakukan pekerjaan konstruksi perlu dilakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*) [3]. Dimana dalam penyelidikan tanah ini diperlukan beberapa data teknis berupa data uji *Cone Penetration Test* (CPT), uji *Standard Penetration Test*



(SPT) dan pengujian laboratorium yang digunakan untuk mengetahui dan mengevaluasi kondisi lapisan tanah[4][5]

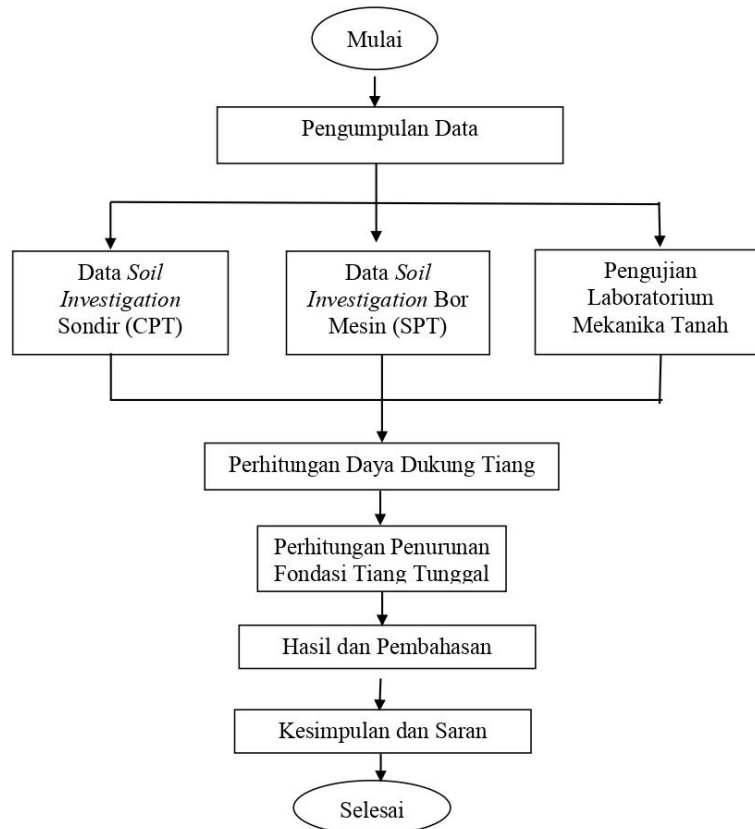
Daya dukung fondasi tiang pancang dibagi menjadi dua yaitu daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok. [6]Perhitungan daya dukung tiang tunggal dapat digunakan beberapa metode yaitu metode statis dan metode dinamis. Metode statis merupakan metode perhitungan daya dukung menggunakan teori-teori mekanika tanah dengan korelasi yang digunakan adalah hasil penyelidikan laboratorium dan hasil pembacaan dari penetrasi suatu alat penetrometer seperti *Cone Penetration Test* (CPT) atau *Standard Penetration Test* (SPT). [7] Metode dinamis merupakan metode perhitungan daya dukung yang didasarkan pada analisa data rekaman getaran gelombang yang terjadi pada waktu tiang dipukul dengan *hammer* (*callendering test*).[8]

Berdasarkan data yang diambil pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Pekanbaru–Padang Seksi Padang–Lubuk Alung Sicincin Zona 2, maka dilakukan penelitian tentang seberapa besar daya dukung dan penurunan tiang tunggal pada fondasi tiang pancang menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT), *Standard Penetration Test* (SPT) dan uji laboratorium dengan menggunakan metode *Mayerhof* dan perhitungan penurunan tiang tunggal pada fondasi menggunakan Metode Empiris (Vesic,1970) dan metode Semi Empiris (Vesic, 1977).

2. Metodologi Penelitian

Lokasi/tempat penelitian di lapangan dilakukan di proyek perencanaan pembangunan Jalan Tol Pekanbaru - Padang, Provinsi Sumatera Barat, dan penelitian Laboratorium Mekanika Tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

Data penelitian berupa data *Cone Penetration Test* (CPT), *Standard Penetration Test* (SPT) dan data laboratorium dari proyek tersebut



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji *Cone Penetration Test* (CPT)

Berdasarkan data uji *Cone Penetration Test* (CPT), muka air tanah pada kedalaman 2 meter. Direncanakan tiang pancang dengan data sebagai berikut:

Jenis tiang pancang = beton bertulang tampang lingkaran

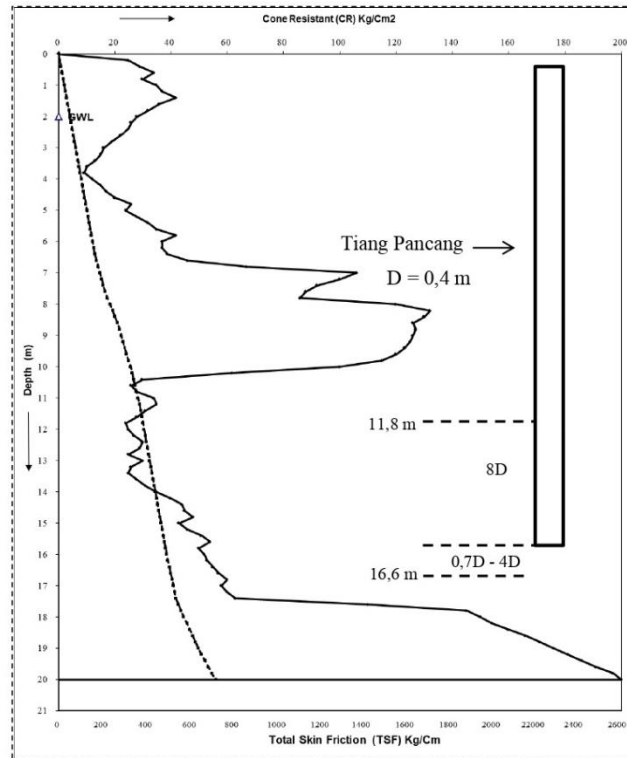
Diameter tiang pancang = 40 cm

Panjang tiang pancang = 15 meter

Keliling tiang (P) = $\pi \times D = \pi \times 0,40 \text{ m} = 1,2566 \text{ m}$

Luas Ujung Tiang (A_p) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,40^2 = 0,1257 \text{ m}^2$

Grafik Perhitungan uji lapangan berdasarkan data uji *Cone Penetration Test* (CPT) dan perhitungan tahanan ujung tiang pancang dengan metode *Meyerhof* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil *Cone Penetration Test* (CPT)

a. Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

$$Q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \times A_p$$

$$q_{c1} = \frac{26 + 27 + 29 + 32 + 31 + 27 + 32 + 28 + 27 + 30 + 33 + 37 + 42 + 46 + 47 + 70}{16}$$

$$= 34 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{c2} = \frac{48 + 53 + 56 + 52 + 54 + 55 + 58 + 59}{8}$$

$$= 54,375 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_p = \frac{34 + 54,375}{2} \text{ kg/cm}^2 \times 1.257 \text{ cm}^2$$

$$= 55.543,6875 \text{ kg}$$

$$= 544,7 \text{ kN}$$

b. Daya Dukung Ujung Selimut (Q_s)

$$Q_s = K_{s.c} \sum_{z=0}^{8D} \frac{z}{8D} \times f_s \times A_s + \sum_{z=8D}^L f_s \times A_s$$

$$8D = 8 \times 0,4 \text{ m}$$

$$= 3,2 \text{ m}$$

Kedalaman 0 sampai 8D

$$\sum_{z=0}^{8D} \frac{z}{8D} \times f_s \times A_s = 42,7244 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\sum_{z=8D}^L f_s \times A_s &= 384,5196 \text{ kg} \\ Q_s &= K_{s.c} \sum_{z=0}^{8D} \frac{z}{8D} \times f_s \times A_s + \sum_{z=8D}^L f_s \times A_s \\ &= 1 (42,7244 \text{ kg} + 384,5196 \text{ kg}) \\ &= 427,244 \text{ kg} = 4,1898 \text{ kN}\end{aligned}$$

c. Daya Dukung Ultimit (Q_u)

$$\begin{aligned}Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 544,7 \text{ kN} + 4,1898 \text{ kN} \\ &= 548,8898 \text{ kN}\end{aligned}$$

3.2. Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji SPT

a. Daya Dukung Ujung (Q_p)

Tabel 1. Nilai σ_r rata-rata terhadap kedalaman tanah berpasir ($d = 0,40 \text{ m}$)

Kedalaman (m)	$A_s \text{ (m}^2\text{)}$	Tekanan Overburden efektif $\sigma_r \text{ (kN/m}^2\text{)}$	σ_r rata-rata $\text{(kN/m}^2\text{)}$
4,00	5,0265	$3,00 \times 15,88 = 47,64$	$\frac{1}{2} [0 + 47,64] = 23,82$
9,00	6,2832	$47,64 + [5 \times (15,88 - 10)] = 77,04$	$\frac{1}{2} [47,64 + 77,04] = 62,34$
15,00	7,5398	$77,04 + [6 \times (15,88 - 10)] = 112,32$	$\frac{1}{2} [77,04 + 112,32] = 94,68$

$$\begin{aligned}q_b &= \sigma_r' \cdot N_q^* \longrightarrow N_q^* = 55 \\ \Phi &= 30^\circ \\ q_b &= 94,68 \times 55 = 5.207,4 \text{ kN/m}^2 \\ A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,40)^2 = 0,1257 \text{ m}^2 \\ Q_b &= A_b \times q_b = 0,1257 \text{ m}^2 \times 5.207,4 \text{ kN/m}^2 = 654,3812 \text{ kN}\end{aligned}$$

b. Daya dukung Selimut (Q_s)

$$\begin{aligned}Q_s &= \sum A_s \cdot q_s \\ \text{kedalaman } 0 - 4 \text{ m luas selimut tiang } A_{s1} &= 5,0265 \text{ m}^2, \\ \text{kedalaman } 4 - 9 \text{ m luas selimut tiang } A_{s2} &= 6,2832 \text{ m}^2, \\ \text{kedalaman } 9 - 15 \text{ m luas selimut tiang } A_{s3} &= 7,5398 \text{ m}^2 \\ \delta &= \Phi = 30^\circ \\ K &= 1 - \sin \Phi = 1 - \sin 30^\circ = 0,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{s1} &= K \sigma_{r1}' \tan \delta = 0,5 \times 23,82 \times \tan 30^\circ = 6,8762 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{s2} &= K \sigma_{r2}' \tan \delta = 0,5 \times 62,34 \times \tan 30^\circ = 17,996 \text{ kN/m}^2 \\
 q_{s3} &= K \sigma_{r3}' \tan \delta = 0,5 \times 94,68 \times \tan 30^\circ = 27,3318 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_s &= \sum A_s \cdot q_s = (A_{s1} \cdot q_{s1} + A_{s2} \cdot q_{s2} + A_{s3} \cdot q_{s3}) \\
 &= (5,0265 \times 6,8762) + (6,2832 \times 17,996) + (7,5398 \times 27,3318) \\
 &= 353,7120 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Kuat Dukung Ultimit

$$Q_u = Q_b + Q_s = 654,3812 \text{ kN} + 353,7120 \text{ kN} = 1.008,0932 \text{ kN}$$

3.3. Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Laboratorium

a. Daya dukung ujung tiang (Q_p)

Pada kedalaman 4 m

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \times q_p \\
 &= 9 \times (0,226 \times 10.000 \text{ kg/m}^2) \times 0,1257 \text{ m}^2 \\
 &= 2.556,738 \text{ kg} = 25,073 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Pada kedalaman 9 m

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \times q_p \\
 &= 9 \times (0,5211 \times 10.000 \text{ kg/m}^2) \times 0,1257 \text{ m}^2 \\
 &= 2.895,2043 \text{ kg} = 28,3923 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Pada kedalaman 15 m

$$\begin{aligned}
 Q_{p1} &= A_p \times q_p = A_p \times q' \times N_q^* \\
 q' &= \gamma \times L_i = 1,588 \text{ gr/cm}^3 \times 6 \text{ m} \\
 &= 9,528 \text{ gr/cm}^2 = 95,28 \text{ kg/m}^2 \\
 Q_{p1} &= 0,1257 \text{ m}^2 \times 95,28 \text{ kg/m}^2 \times 50 = 598,8348 \text{ kN} \\
 Q_{p2} &= A_p \times q_L = A_p \times 5 \times N_q^* \times \tan \phi \\
 &= 0,1257 \text{ m}^2 \times 5 \times 50 \times \tan 30^\circ \\
 &= 18,1432 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

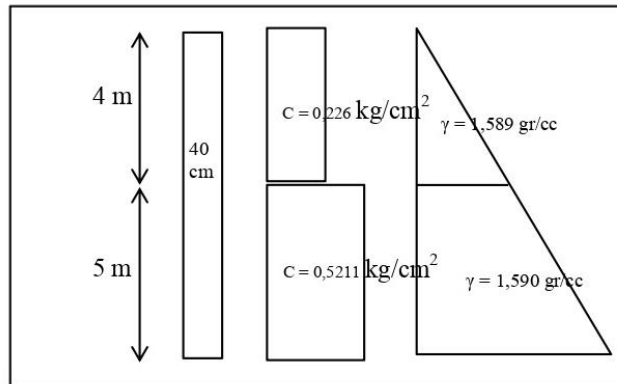
Nilai Q_{p1} dan Q_{p2} dibandingkan dan diambil harga yang lebih kecil sebagai daya dukung ujung tiang. Maka berdasarkan perhitungan diatas dapat diperoleh nilai daya dukung ujung tiang (Q_p) pada pasir adalah 18,1432 kN.

$$\sum Q_p = 25,073 \text{ kN} + 28,3923 \text{ kN} + 18,1432 \text{ kN} = 71,6085 \text{ kN}$$

b. Daya Dukung Selimut (Qs)

Pada kedalaman 0 sampai 9 m

a. Metode lamda



Gambar 3. Diagram Tegangan Vertikal

$$C_{u1} = 0,226 \text{ kg/cm}^2 = 22,1630 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{u2} = 0,5211 \text{ kg/cm}^2 = 51,1025 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{u \text{ rata-rata}} = \frac{(22,1630 \text{ kN/m}^2 \times 4\text{m}) + (51,1025 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 5\text{m})}{9 \text{ m}}$$

$$= \frac{344,1645 \text{ kN/m}^2}{9} = 38,2405 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_1 = 1,589 \text{ gr/cc} = 15,5827 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 1,590 \text{ gr/cc} = 15,59255 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma_v' = \left(\frac{1}{2} \times 15,5827 \text{ kN/m}^3 \times 4\text{m}\right) + \left(\frac{1}{2} \times 5\text{m} \times (15,5827 \text{ kN/m}^3 + 15,59255 \text{ kN/m}^3)\right)$$

$$= 109,1035 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{av} = \lambda (\sigma_v' + 2C_u)$$

$$= 0,12 (109,1035 \text{ kN/m}^2 + (2 \times 38,2405 \text{ kN/m}^2))$$

$$= 22,2701 \text{ kN/m}^2$$

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

$$= 1,2566 \text{ m} \times 22,2701 \text{ kN/m}^2 \times 9 \text{ m} = 251,8612 \text{ kN}$$

b. Metode alpha

$$f_s = \alpha C_u$$

$$C_{u1} = 0,226 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_{u2} = 0,5211 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_{u \text{ rata-rata}} = (0,226 \text{ kg/cm}^2 + 0,5211 \text{ kg/cm}^2) : 2 = 0,37355 \text{ kg/cm}^2$$

$$\alpha' = 0,85$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= 0,85 \times 0,37355 \text{ kg/cm}^2 = 0,3175 \text{ kg/cm}^2 = 3.175 \text{ kg/m}^2 \\
 A_s &= 11,3097 \text{ m}^2 \\
 Q_s &= A_s \times f_s = 11,3097 \text{ m}^2 \times 3.175 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 35.908,2975 \text{ kg} = 352,14 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai Q_s metode lamda dan Q_s metode alpha dibandingkan dan diambil harga yang lebih kecil sebagai daya dukung selimut pada tanah lempung yaitu kedalaman 0-9 m. Maka berdasarkan perhitungan diatas dapat diperoleh nilai daya dukung selimut tiang (Q_s) pada kedalaman 0 sampai 9 meter adalah 251,8612 kN.

Pada kedalaman 9 m sampai 15 m (DS)

$$f = K \times \sigma_v' \times \tan \delta$$

Berdasarkan tabel 1 didapat nilai

$$K = 1,0$$

$$\delta = \frac{3}{4} \phi = 22,5^\circ$$

$$\gamma = 1,588 \text{ gr/cm}^3 = 15,5729 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma_v' = 15,5729 \text{ kN/m}^3 \times 6 \text{ m} = 93,4374 \text{ kN/m}^2$$

$$f = 1,0 \times 93,4374 \text{ kN/m}^2 \times \tan 22,5^\circ$$

$$f = 38,7030 \text{ kN/m}^2$$

$$A_s = 7,5398 \text{ m}^2$$

$$Q_s = \Sigma A_s \times f$$

$$= 7,5396 \text{ m}^2 \times 38,7030 \text{ kN/m}^2 = 291,8137 \text{ kN}$$

$$\Sigma Q_s = 251,8612 \text{ kN} + 291,8137 \text{ kN} = 543,6749 \text{ kN}$$

c. Daya dukung ultimit (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 71,6085 \text{ kN} + 543,6749 \text{ kN} = 615,2834 \text{ kN}$$

Tabel 2. *Summary* Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Pengujian	Daya Dukung Ujung (Q_p) kN	Daya Dukung Selimut (Q_s) kN	Daya Dukung Ultimit (Q_u) kN
CPT	544,7	4,1898	548,8898
SPT	654,3812	353,7120	1.008,0932
Lab	71,6085	543,6749	615,2834

4. Penurunan Fondasi Tiang Tunggal pada Tiang Pancang

a. Metode Empiris (*Vesic 1970*)

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

$$D = 0,4 \text{ m}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$A_p = 18,8495 \text{ m}^2$$

$$E_s = 42.500 \text{ kN/m}^2$$

Pengujian CPT :

$$\frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} = \frac{544,7}{3} + \frac{4,1898}{1,5}$$

$$Q = 184,3599 \text{ kN}$$

$$S = \frac{0,4 \text{ m}}{100} + \frac{184,3599 \text{ kN} \times 15 \text{ m}}{18,8495 \text{ m}^2 \times 21.409,519 \text{ kN/m}^2} = 0,0108 \text{ m}$$

Pengujian SPT :

$$\frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} = \frac{654,3812}{3} + \frac{502,0921}{1,5} = 552,8551 \text{ kN}$$

$$S = \frac{0,4 \text{ m}}{100} + \frac{552,8551 \text{ kN} \times 15 \text{ m}}{18,8495 \text{ m}^2 \times 21.409,519 \text{ kN/m}^2} = 0,0245 \text{ m}$$

Pengujian Laboratorium :

$$\frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} = \frac{71,6085}{3} + \frac{543,6749}{1,5} = 386,3194 \text{ kN}$$

$$S = \frac{0,4 \text{ m}}{100} + \frac{132,6045 \text{ kN} \times 15 \text{ m}}{18,8495 \text{ m}^2 \times 21.409,519 \text{ kN/m}^2} = 0,0184 \text{ m}$$

b. Metode Semi Empiris (*Vesic 1977*)

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$A_p = 18,8496 \text{ m}^2$$

$$E_s = 42.500 \text{ kN/m}^2 \text{ (berdasarkan Tabel 2.3)}$$

$$E_p = 21.409,519 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha_s = 0,5$$

$$I_{wp} = 0,85$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} = 4,1433$$

$$\mu = 0,3$$

Pengujian CPT:

$$\begin{aligned}
 S_s &= \frac{(Q_p + \alpha_s \times Q_s) \times L}{A_p \times E_p} \\
 &= \frac{(544,7 \text{ kN} + 0,5 \times 4,1898 \text{ kN}) \times 15 \text{ m}}{18,8496 \text{ m}^2 \times 21.409,519 \text{ kN/m}^2} \\
 &= 0,0203 \text{ m} \\
 S_p &= \frac{q_b \times D}{E_s} (1 - \mu_s^2) \times I_{wp} \\
 &= \frac{4.334,5849 \text{ kN/m}^2 \times 0,4 \text{ m}}{42.500 \text{ kN/m}^2} \times (1 - 0,3^2) \times 0,5 \\
 &= 0,0186 \text{ m} \\
 S_{ps} &= \left(\frac{Q_s}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws} \\
 &= \left(\frac{4,1898 \text{ kN}}{1,2566 \text{ m} \times 15 \text{ m}} \right) \times \frac{0,4 \text{ m}}{42.500 \text{ kN/m}^2} \times (1 - 0,3^2) \times 4,1433 \\
 &= 7,8879 \times 10^{-6} \text{ m} \\
 S &= S_s + S_p + S_{ps} \\
 &= 0,0203 \text{ m} + 0,0186 \text{ m} + 7,8879 \times 10^{-6} \text{ m} \\
 &= 0,0389 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pengujian SPT:

$$\begin{aligned}
 S_s &= \frac{(Q_p + \alpha_s \times Q_s) \times L}{A_p \times E_p} \\
 &= \frac{(654,3812 \text{ kN} + 0,5 \times 353,7120 \text{ kN}) \times 15 \text{ m}}{18,8496 \text{ m}^2 \times 21.409,519 \text{ kN/m}^2} = 0,0309 \text{ m} \\
 S_p &= \frac{q_b \times D}{E_s} (1 - \mu_s^2) \times I_{wp} \\
 &= \frac{5.207,4001 \text{ kN/m}^2 \times 0,4 \text{ m}}{42.500 \text{ kN/m}^2} \times (1 - 0,3^2) \times 0,5 = 0,0223 \text{ m} \\
 S_{ps} &= \left(\frac{Q_s}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws} \\
 &= \left(\frac{353,7120 \text{ kN}}{1,2566 \text{ m} \times 15 \text{ m}} \right) \times \frac{0,4 \text{ m}}{42.500 \text{ kN/m}^2} \times (1 - 0,3^2) \times 4,1433 \\
 &= 6,6592 \times 10^{-4} \text{ m} \\
 S &= S_s + S_p + S_{ps} \\
 &= 0,0309 \text{ m} + 0,0223 \text{ m} + 6,6592 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,0538 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pengujian Laboratorium:

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha s \times Q_s) \times L}{A_p \times E_p}$$

$$= \frac{(71,6085 \text{ kN} + 0,5 \times 543,6749 \text{ kN}) \times 15 \text{ m}}{18,8496 \text{ m}^2 \times 21.409,519 \text{ kN/m}^2} = 0,0128 \text{ m}$$

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

$$= \frac{569,8423 \text{ kN/m}^2 \times 0,4 \text{ m}}{42.500 \text{ kN/m}^2} \times (1 - 0,3^2) \times 0,5 = 0,0024 \text{ m}$$

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_s}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws}$$

$$= \left(\frac{543,6749 \text{ kN}}{1,2566 \text{ m} \times 15 \text{ m}} \right) \times \frac{0,4 \text{ m}}{42.500 \text{ kN/m}^2} \times (1 - 0,3^2) \times 4,1433 = 0,0010 \text{ m}$$

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

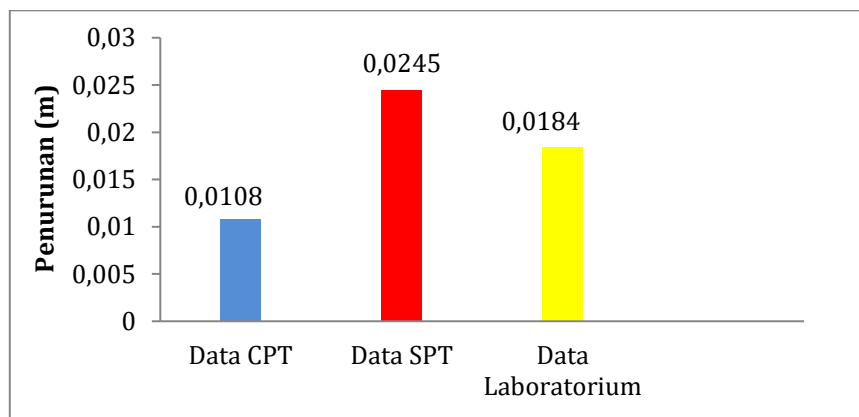
$$= 0,0128 \text{ m} + 0,0024 \text{ m} + 0,0010 \text{ m} = 0,0162 \text{ m}$$

$$S_{izin} = 10\% \times D = 10\% \times 0,4 \text{ m} = 0,04 \text{ m}$$

Tabel 3. *Summary* Perhitungan Penurunan Tiang Pancang

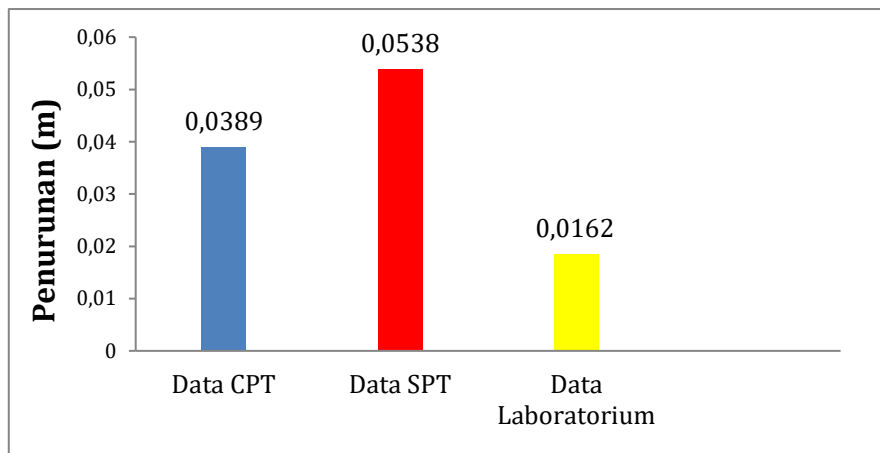
Pengujian	Penurunan Metode Empiris (m)	Penurunan Metode Semi Empiris (m)	Penurunan Izin (m)	Keterangan
CPT	0,0108	0,0389	0,04	Aman
SPT	0,0245	0,0538	0,04	Tidak Aman
Lab	0,0184	0,0162	0,04	Aman

Perbandingan nilai penurunan tiang tunggal pada perencanaan fondasi tiang pancang berdasarkan metode empiris dan metode semi empiris dapat dilihat pada diagram seperti Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Diagram Penurunan Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Empiris

Berdasarkan diagram diatas dapat diketahui bahwa hasil data uji *Cone Penetration Test* (CPT) adalah 0,0108 m, hasil data uji *Standard Penetration Test* (SPT) adalah 0,245 m dan hasil data pengujian laboratorium adalah 0,0184 m



Gambar 5. Diagram Penurunan Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Semi Empiris

Berdasarkan diagram diatas dapat diketahui bahwa hasil data uji *Cone Penetration Test* (CPT) adalah 0,0389 m dan hasil data uji *Standard Penetration Test* (SPT) adalah 0,0538 serta hasil data pengujian laboratorium adalah 0,0162 m

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perhitungan daya dukung tiang pancang menghasilkan nilai daya dukung ultimit dari data *Cone Penetration Test* (CPT) sebesar 548,8898 kN, data *Standard Penetration Test* (SPT) sebesar 1.008,0932 kN, dan data laboratorium sebesar 615,2834 kN.
2. Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal dengan metode empiris berdasarkan hasil data *Cone Penetration Test* (CPT) pada tiang pancang adalah 0,0108 m, hasil data *Standard Penetration Test* (SPT) adalah 0,245 dan hasil data laboratorium adalah 0,0184 m.
3. Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal dengan metode semi empiris berdasarkan hasil data *Cone Penetration Test* (CPT) adalah 0,0389 m, hasil data *Standard Penetration Test* (SPT) adalah 0,0538 m, hasil data uji laboratorium adalah 0,0162 m

References

- [1] E. Yuliawan and T. Rahayu, "Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian Spt Dan Cyclic Load Test," *J. Konstr.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–13, 2018.
- [2] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi 2*, 4th ed. Yogyakarta, Indonesia: Beta Offset, 2008.
- [3] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Pondasi 1*, 2nd ed. Yogyakarta, Indonesia: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1996.
- [4] V. A. Sakleshpur, M. Prezzi, R. Salgado, and M. Zaheer, "CPT-Based Geotechnical Design Manual, Volume 3: CPT-Based Design of Foundations — Example Problems (Joint Transportation Research Program Publication No.FHWA/IN/JTRP-2021/24)," *Jt. Transp. Res. Progr. INDIANA Dep. Transp. PURDUE Univ. CPT-Ba*, vol. 3, no. March 2022, pp. 1–61, 2021, doi: 10.5703/1288284317348.
- [5] V. A. Sakleshpur, M. Prezzi, R. Salgado, and M. Zaheer, "CPT-based geotechnical design manual," *Jt. Transp. Res. PROGRAM, INDIANA Dep. Transp. PURDUE Univ.*, vol. 2, p. 29, 2021, doi: 10.5703/1288284317347.
- [6] A. Yusti and F. Fahrani, "Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test Dan CAPWAP," *J. Fropil*, vol. 2, no. 1, pp. 19–31, 2014.
- [7] U. Jusi, "Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test)," *SIKLUS J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 50–82, 2018, doi: 10.31849/siklus.v1i2.136.
- [8] T. Yufitra Rus and F. Eka Nur Aprilla Irwaniansyah, "Analisa Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Uji Laboratorium, N-SPT, Dan CPT Terhadap Nilai Uji Pile Driving Analyzer (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Pt. Kaltim Amonium Nitrat Di Kota Bontang)," in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 2021, pp. 17–23.