

## ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG TUNGGAL PADA PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL HOLIDAY INN BENOA

Andri Arthono<sup>1</sup>, Tedi Eko Hapsoro<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal, Jakarta, 11520

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal, Jakarta, 11520

\*Email koresponden : [tedi.ehp@gmail.com](mailto:tedi.ehp@gmail.com)

### ABSTRAK

Proses perencanaan tiang pancang diperlukan analisa perhitungan yang akurat, aman dan ekonomis. Dengan alasan tersebut maka penulis tertarik untuk membahas Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Pada Proyek Pembangunan Hotel Holiday Inn Benoa. Meskipun dalam spesifikasi teknis pekerjaan pondasi telah disebutkan jenis, dimensi ukuran dan daya dukung rencana tiang pancang yang digunakan, pihak kontraktor wajib meninjau ulang tipe dan ukuran tiang pancang yang tepat berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang dilakukan di area proyek. Jenis dan sumber data yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi literatur tentang pondasi tiang pancang serta hasil penyelidikan tanah di lapangan berupa data *Cone Penetration Test & Standard Penetration Test* yang diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana. Sehingga pada dasarnya penelitian yang dilakukan adalah studi terhadap dua aspek yaitu studi kepustakaan & studi lapangan. Berdasarkan data CPT pada titik S-8 dengan diameter tiang 350 mm diperoleh  $Q_u$  306,83 ton &  $Q_{ijin}$  86,56 ton. Sedangkan untuk diameter 450 mm diperoleh  $Q_u$  448,56 ton &  $Q_{ijin}$  129,31 ton. Berdasarkan data SPT pada titik BH-1 dengan dimensi tiang 350 mm diperoleh  $Q_u$  216,76 ton &  $Q_{ijin}$  108,38 ton. Sedangkan untuk diameter 450 mm diperoleh  $Q_u$  278,69 ton &  $Q_{ijin}$  139,35 ton. Penurunan elastis tiang pancang tunggal berdasarkan data SPT untuk dimensi tiang pancang 350 mm diperoleh  $S_e$  12,29 mm. Sedangkan untuk diameter 450 mm diperoleh  $S_e$  12,26 mm. Dari hasil perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal menggunakan data CPT & SPT didapatkan hasil lebih besar dari daya dukung yang direncanakan.

**Kata kunci:** Daya dukung tiang , SPT, CPT.

### ABSTRACT

*Pile planning process requires accurate, safe and economical calculation analysis. For this reason, the author is interested in discussing the Analysis of Single Pile Bearing Capacity in the Holiday Inn Benoa Hotel Development Project. Although the technical specifications of the foundation work have stated the type, size dimensions and carrying capacity of the planned piles used, the contractor is obliged to review the correct type and size of piles based on the results of soil investigations carried out in the project area. The types and sources of data used in this study are literature studies on pile foundations and the results of soil investigations in the field in the form of Cone Penetration Test & Standard Penetration Test data obtained from the implementing contractor. So that basically the research carried out is a study of two aspects, namely library research & field studies. Based on CPT data at point S-8 with a pile diameter of 350 mm, it was obtained  $Q_u = 306.83$  tons &  $Q_{ijin} = 86.56$  tons. As for the diameter of 450 mm,  $Q_u = 448.56$  tons &  $Q_{ijin} = 129.31$  tons were obtained. Based on SPT data at point BH-1 with a pile dimension of 350 mm,  $Q_u = 216.76$  tons &  $Q_{ijin} = 108.38$  tons were obtained. As for the diameter of 450 mm,  $Q_u = 278.69$  tons &  $Q_{ijin} = 139.35$  tons were obtained. The elastic reduction of a single pile based on SPT data for a pile dimension of 350 mm is 12.29 mm. As for the diameter of 450 mm obtained 12.26 mm. From the calculation of the carrying capacity of a single pile using CPT & SPT data, the results are greater than the planned carrying capacity.*

**Keywords:** Pile bearing capacity, SPT, CPT.

### 1. PENDAHULUAN

Pekembangan pembangunan saat ini cukup meningkat pesat, baik infrastruktur

maupun gedung-gedung bertingkat tinggi. Pada proses pembangunan suatu gedung salah satu tahap awal pekerjaannya adalah

pekerjaan pondasi. Pondasi merupakan suatu pekerjaan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi gedung, karena pondasi inilah yang memikul dan menahan suatu beban yang bekerja di atasnya. Tiang pancang merupakan salah satu contoh jenis pondasi tiang pada pondasi dalam. Penentuan jenis pondasi yang akan digunakan dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya adalah kedalaman tanah keras, jenis tanah pada lokasi, dan beban yang akan dipikul oleh pondasi.

Untuk mengetahui data karakteristik tanah pada lokasi pembangunan adalah dengan melakukan penyelidikan tanah (*soil investigation*). Jenis penyelidikan tanah di lapangan yang akan digunakan untuk perhitungan daya dukung tiang pancang diantaranya: (a) *Cone Penetration Test* (CPT), dan (b) *Standard Penetration Test* (SPT). Penyelidikan tanah di lapangan dengan melakukan pengeboran bertujuan untuk mendapatkan gambaran lapisan tanah berdasarkan jenis dan warna tanah melalui pengamatan secara visual dan karakteristik tanah.

Proses perencanaan tiang pancang diperlukan analisa perhitungan yang akurat, aman dan ekonomis. Dengan alasan tersebut maka penulis tertarik untuk membahas bagaimana cara perhitungan daya dukung dan penurunan elastis tiang pancang tunggal berdasarkan data *Cone Penetration Test & Standard Penetration Test* serta untuk mengetahui tiang pancang dengan daya dukung yang setara atau lebih dari daya dukung yang telah ditentukan dalam spesifikasi teknis pekerjaan pondasi tiang pancang pada Proyek Pembangunan Hotel Holiday Inn Benoa.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### a. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data CPT

Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f A_s \quad (2.1)$$

dimana:

- $Q_u$  = Kapasitas daya dukung ultimit  
 $Q_b$  = Kapasitas tahanan di ujung tiang

- $Q_s$  = Kapasitas tahanan kulit  
 $q_b$  = Kapasitas daya dukung di ujung tiang/satuan luas  
 $A_b$  = Luas di ujung tiang  
 $f$  = Satuan tahanan kulit/satuan luas  
 $A_s$  = Luas kulit tiang pancang

Di dalam perencanaan pondasi tiang, daya dukung pondasi tiang dengan metode Meyerhoff dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K_t \quad (2.2)$$

dimana:

- $Q_u$  = Kapasitas daya dukung tiang  
 $q_c$  = Tahanan ujung sondir (Perlawanan penetrasi konus pada kedalaman yang ditinjau)

Dapat digunakan faktor koreksi Meyerhoff:

- $q_{c1}$  = Rata-rata PPK ( $q_c$ ) 8D di atas ujung tiang

- $q_{c2}$  = Rata-rata PPK ( $q_c$ ) 4D di atas ujung tiang

- $JHL$  = Jumlah hambatan lekat

- $K_t$  = Keliling tiang

- $A_p$  = Luas penampang tiang

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$Q_{uIjin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_t}{5} \quad (2.3)$$

dimana:

- $Q_{uIjin}$  = Kapasitas daya dukung ijin tiang  
 $q_c$  = Tahanan ujung sondir dengan memakai faktor koreksi Begemann

- $JHL$  = Jumlah hambatan lekat

- $K_t$  = Keliling tiang

- $A_p$  = Luas penampang tiang

- 3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang

- 5 = Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang

Dari hasil uji sondir ditunjukkan bahwa tahanan ujung sondir (harga tekan konus) bervariasi terhadap kedalaman. Oleh sebab itu pengambilan harga  $q_c$  untuk daya dukung diujung tiang kurang tepat. Suatu rentang disekitar ujung tiang perlu dipertimbangkan dalam menentukan daya dukungnya.

Menurut Meyerhoff:

$q_p = q_c \rightarrow$  Untuk keperluan praktis

$$q_p = (2/3 - 3/2)q_c \quad (2.4)$$

dimana:

$q_p$  = Tahanan ujung ultimit  
 $q_c$  = Harga rata – rata tahanan ujung konus dalam daerah 2D di bawah ujung tiang

b. Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data SPT

Untuk menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data penyelidikan di lapangan dengan uji *Standard Penetration Test* (SPT) menggunakan metode Meyerhoff dapat dilakukan menggunakan rumus:

1) Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang pada Tanah Kohesif

a) Daya dukung ujung tiang pada tanah kohesif  $c_u$

$$Q_p = 9 * c_u * A_p \quad (2.5)$$

b) Tahanan geser selimut tiang pada tanah kohesif  $c_u$

$$Q_s = \alpha * c_u * p * Li \quad (2.6)$$

dimana:

$c_u$  = Kohesi *undrained* (kN/m<sup>2</sup>)  
 $= N - SPT * 2/3 * 10$   
 $A_p$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)  
 $\alpha$  = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang  
 $p$  = Keliling tiang (m)  
 $Li$  = Panjang lapisan tanah (m)

2) Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang pada Tanah Non Kohesif

a) Daya dukung ujung tanah pada tanah non – kohesif

$$Q_p = 40 * N_{cor} * \frac{L}{D} * A_p \leq 400 * N_{SPT} * A_p \quad (2.7)$$

b) Tahanan geser selimut tiang pada tanah non – kohesif

$$Q_s = 2 * N_{SPT} * P * Li \quad (2.8)$$

dimana:

$Q_p$  = Daya dukung ultimit (kN)

$N_{SPT}$  = Jumlah pukulan yang diperlukan dari percobaan SPT (kN)  
 $N_{cor}$  =  $(N_1 + N_2)/2$  (kN)  
 $N_1$  = nilai N rata-rata dari dasar ke 10D ke atas (kN)  
 $N_2$  = nilai N rata-rata dari dasar ke 4D ke bawah (kN)  
 $Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (kN)  
 $A_p$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)  
 $P$  = Keliling tiang (m)  
 $Li$  = Panjang lapisan tanah (m)  
 $L/D$  = Perbandingan panjang & diameter pondasi tiang

c. Penurunan tiang pancang berdasarkan data SPT

Pada buku *Rekayasa Pondasi 2*, (Aspar, 2003) penurunan sebuah tiang dengan beban kerja vertikal,  $Q_u$ , disebabkan tiga faktor:

$$S = S_{(e)1} + S_{(e)2} + S_{(e)3} \quad (2.9)$$

dimana:

$S$  = penurunan tiang total  
 $S_{(e)1}$  = penurunan elastik tiang  
 $S_{(e)2}$  = penurunan tiang akibat beban di ujung tiang  
 $S_{(e)3}$  = penurunan tiang akibat beban yang disalurkan sepanjang lengan tiang

Jika bahan tiang dianggap elastis, perubahan bentuk lengan tiang dapat dievaluasi menggunakan prinsip dasar mekanika bahan:

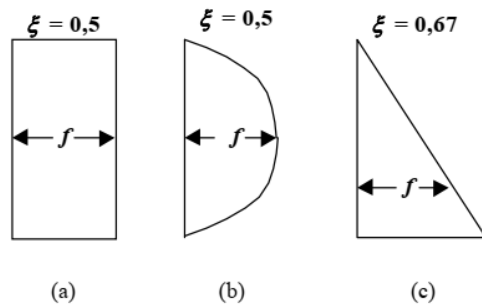
$$S_{(e)1} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (2.10)$$

dimana:

$Q_{wp}$  = beban yang ditopang di ujung tiang pada kondisi beban kerja  
 $Q_{ws}$  = beban yang ditopang oleh tahanan gesek (kulit) pada kondisi beban kerja  
 $A_p$  = luas penampang melintang tiang  
 $L$  = panjang tiang  
 $E_p$  = modulus elastisitas bahan tiang

Besarnya harga  $\xi$  akan tergantung pada keadaan penyebaran satuan tahanan gesek (kulit) sepanjang tiang. Jika

distribusi  $f$  seragam atau parabolik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1a dan 2.1b, maka  $\xi = 0,5$ . Akan tetapi, untuk distribusi  $f$  berbentuk segitiga (Gambar 2.1c), maka besarnya  $\xi$  kira-kira 0,67 (Vesic, 1977).



**Gambar 2.1** Berbagai tipe distribusi satuan hambatan gesek (Vesic, 1977)

Penurunan sebuah tiang diakibatkan oleh beban yang ditopang pada ujung tiang bisa dituliskan dalam bentuk yang serupa dengan yang diberikan untuk pondasi dangkal:

$$S_{(e)2} = \frac{q_{wp}D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (2.11)$$

dimana:

- $D$  = lebar atau diameter tiang
- $q_{wp}$  = beban titik per satuan luas di ujung tiang =  $Q_{wp}/A_p$
- $E_s$  = modulus elastisitas tanah di atau di bawah ujung tiang
- $\mu_s$  = angka Poisson tanah
- $I_{wp}$  = faktor pengaruh  $\approx 0,85$

Vesic (1977) juga mengusulkan metoda semi empiris untuk mendapatkan besarnya penurunan,  $S_2$ , yaitu

$$S_{(e)2} = \frac{Q_{wp}C_p}{Dq_p} \quad (2.12)$$

dimana:

- $q_p$  = tahanan ujung tiang ultimit
- $C_p$  = koefisien empiris

Harga  $C_p$  yang mewakili untuk berbagai jenis tanah diberikan pada Tabel 2.1.

Penurunan sebuah tiang yang diakibatkan oleh beban yang ditopang oleh lengan tiang tersebut diberikan oleh rumus yang serupa dengan Persamaan (2.11), atau

$$S_{(e)3} = \left( \frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (2.12)$$

dimana:

- $p$  = keliling tiang

$L$  = panjang tiang yang tertanam

$I_{ws}$  = faktor pengaruh

Jika diperhatikan bahwa bentuk  $Q_{ws}/pL$  dalam Persamaan (2.12) adalah harga rata-rata dari  $f$  sepanjang tiang. Faktor pengaruh,  $I_{ws}$ , memiliki hubungan empiris yang sederhana (Vesic, 1977), yaitu

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (2.13)$$

**Tabel 2.1** Tipikal Harga  $C_p$  (Vesic, 1977)

| Tipe Tanah                  | Tiang Pancang | Tiang Bor    |
|-----------------------------|---------------|--------------|
| Pasir (padat sampai lus)    | 0,02 – 0,04   | 0,09 – 0,08  |
| Lempung (kaku sampai lunak) | 0,02 – 0,03   | 0,03 – 0,06  |
| Lanau (padat sampai lus)    | 0,03 – 0,05   | 0,09 – 0,012 |

Sumber : Aspar, 2003

Vesic (1977) juga mengusulkan sebuah hubungan empiris yang sederhana mirip dengan Persamaan (2.23) untuk mendapatkan  $S_3$ , yaitu

$$S_{(e)3} = \frac{Q_{ws}C_s}{Lq_p} \quad (2.14)$$

dimana:

- $C_s$  = konstanta empiris
- =  $(0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{L}{D}}) C_p$

Harga  $C_p$  bisa diperkirakan dari Tabel 2.1.

### 3. METODE PELAKSANAAN

#### a. Data Umum dan Teknis

Data umum proyek adalah sebagai berikut:

- Nama Proyek : Holiday Inn Benoa
- Lokasi : Tj. Benoa - Bali
- Pemilik : PT. Tanjung Benoa Indonesia
- Konst. Perencana : Sea Consult Projects Co., Ltd
- Konst. Struktur : PT. Perkasa Calista Estetika
- Kontraktor : PT. Total Bangun Persada Tbk

Data spesifikasi teknis pekerjaan pondasi tiang pancang yang diperoleh dari pihak konsultan perencana struktur adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 350 & 450 mm
- Panjang tiang : 20 meter
- Mutu beton : K-600
- DDT rencana : 75 ton/tiang  $\phi$  350 mm & 125 ton/tiang  $\phi$  450 mm

b. Metode Pengumpulan Data

Jenis dan sumber data yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi literatur tentang pondasi tiang pancang serta hasil penyelidikan tanah di lapangan berupa data *Cone Penetration Test* dan *Standard Penetration Test* yang diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana. Sehingga pada dasarnya penelitian yang dilakukan adalah studi terhadap dua aspek: (1) studi kepustakaan, (2) studi lapangan.

Penjelasan secara singkat tentang jenis penelitian yang akan dilakukan adalah:

1) Studi Kepustakaan

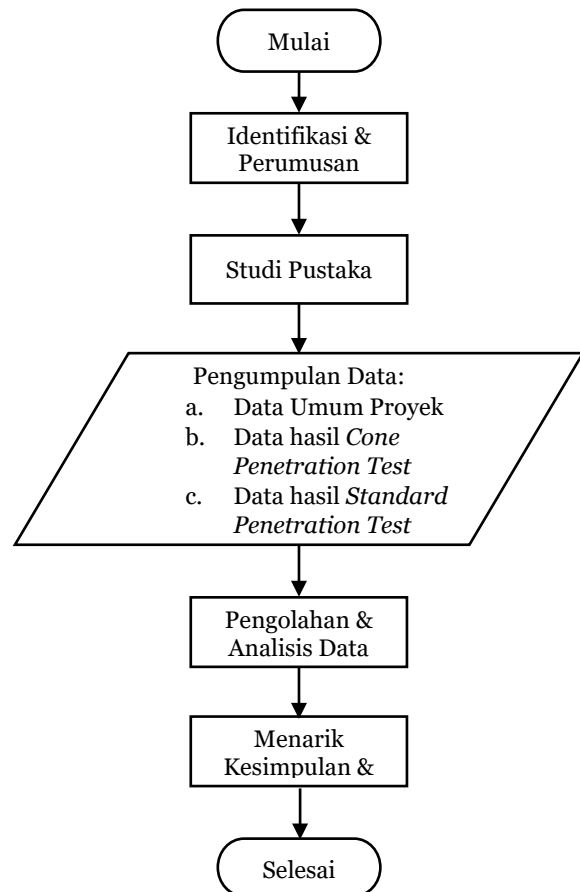
Dengan mengumpulkan referensi tentang hal-hal yang berhubungan dengan pondasi tiang pancang dan mekanika tanah dari berbagai sumber, antara lain: literatur, baik berupa buku, jurnal maupun contoh skripsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dasar teori yang menunjang penelitian;

2) Studi Lapangan

Berupa studi penelitian yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Hotel Holiday Inn Benoa dengan melakukan pengumpulan data proyek yang berhubungan dengan pondasi tiang panjang dari pihak kontraktor pelaksana.

c. Tahapan Penelitian

Tahapan dari penelitian dapat digambar dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) pada Gambar 3.1. di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, penulis akan melakukan analisis perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal serta penurunan elastis tiang dengan menggunakan data hasil *Cone Penetration Test* (CPT) pada titik S8 & *Standard Penetration Test* (SPT) pada titik BH-1. Dengan data tiang pancang sebagai berikut:

- $D = 350 \text{ mm} = 35 \text{ cm}$   
 $A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 = 962,11 \text{ cm}^2$   
 $K = \pi D = 109,36 \text{ cm}$
- $D = 450 \text{ mm} = 45 \text{ cm}$   
 $A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 = 1590,43 \text{ cm}^2$   
 $K = \pi D = 141,37 \text{ cm}$

- a. Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT)

Tabel 4.1 Hasil *Cone Penetration Test* (CPT) pada titik S-8

| S-8       |                           |             |
|-----------|---------------------------|-------------|
| Depth (m) | PPK (kg/cm <sup>2</sup> ) | JHL (kg/cm) |
| 0.0       | 0                         | 0           |
| 1.0       | 80                        | 50          |
| 2.0       | 96                        | 142         |
| 3.0       | 92                        | 236         |
| 4.0       | 164                       | 324         |
| 5.0       | 63                        | 400         |
| 6.0       | 65                        | 472         |
| 7.0       | 60                        | 548         |
| 8.0       | 50                        | 622         |
| 9.0       | 40                        | 688         |
| 10.0      | 25                        | 738         |
| 11.0      | 20                        | 820         |
| 12.0      | 27                        | 876         |
| 13.0      | 35                        | 936         |
| 14.0      | 45                        | 1022        |
| 14.2      | 168                       | 1046        |
| 14.4      | 216                       | 1072        |
| 14.6      | 250                       | 1072        |

Perhitungan daya dukung tiang pancang diameter 350 mm berdasarkan data CPT yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 diperoleh:

- Pada kedalaman 1 meter  
 PPK  $q_c = 80 \text{ kg/cm}^2$   
 JHL =  $50 \text{ kg/cm}$
- Pada kedalaman 2 meter  
 PPK  $q_c = 96 \text{ kg/cm}^2$   
 JHL =  $142 \text{ kg/cm}$
- $q_{c1}$  rata-rata ( $q_c$ ) 8D di atas ujung tiang  
 $1 \text{ m} = \frac{(0 + 80)}{2} = 40 \text{ kg/cm}^2$   
 $2 \text{ m} = \frac{(0 + 80 + 96)}{3} = 58,67 \text{ kg/cm}^2$

- $q_{c2}$  rata-rata ( $q_c$ ) 4D di bawah ujung tiang  
 $1 \text{ m} = \frac{(80 + 96)}{2} = 88 \text{ kg/cm}^2$   
 $2 \text{ m} = \frac{(96 + 92)}{2} = 94 \text{ kg/cm}^2$
- $q_p = \frac{(q_{c1} + q_{c2})}{2}$   
 $1 \text{ m} = \frac{(40 + 88)}{2} = 64,00 \text{ kg/cm}^2$   
 $2 \text{ m} = \frac{(58,67 + 94)}{2} = 76,33 \text{ kg/cm}^2$

Maka, berdasarkan Persamaan 2.2 untuk kapasitas daya dukung tiang tunggal  $Q_u$  adalah

- Pada kedalaman 1 meter  
 $Q_u = q_p \times A_p + JHL \times K$   
 $Q_u = (64,00 \times 962,11) + (50 \times 109,96)$   
 $Q_u = 67073,00 \text{ kN} = 67,07 \text{ ton}$
- Pada kedalaman 2 meter  
 $Q_u = q_p \times A_p + JHL \times K$   
 $Q_u = (76,33 \times 962,11) + (142 \times 109,96)$   
 $Q_u = 89054,99 \text{ kN} = 89,05 \text{ ton}$

Sedangkan untuk kapasitas daya dukung yang diijinkan  $Q_{ijin}$  berdasarkan Persamaan 2.3 adalah

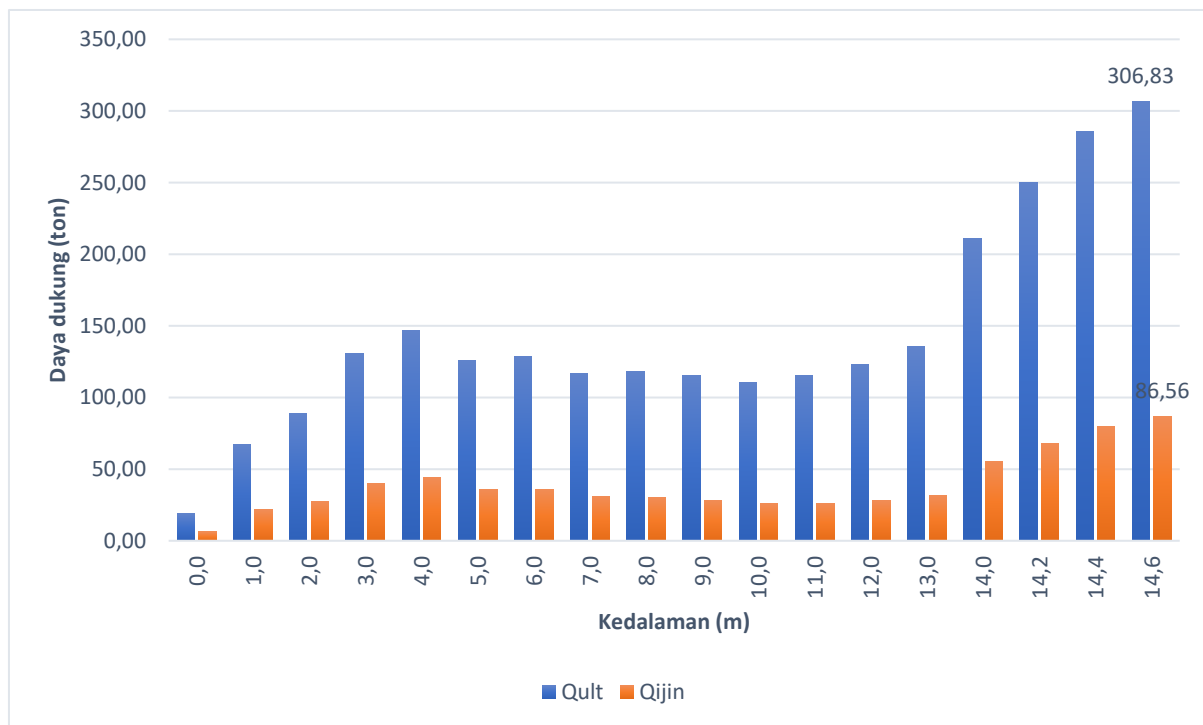
- Pada kedalaman 1 meter  
 $Q_{ijin} = \frac{q_p \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5}$   
 $Q_{ijin} = \frac{64,00 \times 962,11}{3} + \frac{50 \times 109,96}{5}$   
 $Q_{ijin} = 21624,63 \text{ kN} = 21,62 \text{ ton}$
- Pada kedalaman 2 meter  
 $Q_{ijin} = \frac{q_p \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5}$   
 $Q_{ijin} = \frac{76,33 \times 962,11}{3} + \frac{142 \times 109,96}{5}$   
 $Q_{ijin} = 27603,17 \text{ kN} = 27,60 \text{ ton}$

Selanjutnya untuk perhitungan daya dukung tiang pancang dengan diameter 350 mm & 450 mm berdasarkan data sondir S-8 disajikan dalam Tabel 4.2 & 4.3 beserta grafiknya pada Gambar 4.1 & 4.2.

**Tabel 4.2** Perhitungan daya dukung tiang pancang diameter 350 mm berdasarkan data Cone Penetration Test (CPT) pada titik S-8

| S-8  |                    |                    |                    |                    |                 |       |        |        |       |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------|--------|--------|-------|
| Dept | PPK                | qc1                | qc2                | qp                 | Ap              | JHL   | K      | Qult   | Qijin |
| m    | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | kg/cm | cm     | ton    | ton   |
| 0.0  | 0                  | 0.00               | 40.00              | 20.00              | 962.11          | 0     | 109.96 | 19.24  | 6.41  |
| 1.0  | 80                 | 40.00              | 88.00              | 64.00              | 962.11          | 50    | 109.96 | 67.07  | 21.62 |
| 2.0  | 96                 | 58.67              | 94.00              | 76.33              | 962.11          | 142   | 109.96 | 89.05  | 27.60 |
| 3.0  | 92                 | 89.33              | 128.00             | 108.67             | 962.11          | 236   | 109.96 | 130.50 | 40.04 |

|      |     |        |        |        |        |      |        |        |       |
|------|-----|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|-------|
| 4.0  | 164 | 117.33 | 113.50 | 115.42 | 962.11 | 324  | 109.96 | 146.67 | 44.14 |
| 5.0  | 63  | 106.33 | 64.00  | 85.17  | 962.11 | 400  | 109.96 | 125.92 | 36.11 |
| 6.0  | 65  | 97.33  | 62.50  | 79.92  | 962.11 | 472  | 109.96 | 128.79 | 36.01 |
| 7.0  | 60  | 62.67  | 55.00  | 58.83  | 962.11 | 548  | 109.96 | 116.86 | 30.92 |
| 8.0  | 50  | 58.33  | 45.00  | 51.67  | 962.11 | 622  | 109.96 | 118.10 | 30.25 |
| 9.0  | 40  | 50.00  | 32.50  | 41.25  | 962.11 | 688  | 109.96 | 115.34 | 28.36 |
| 10.0 | 25  | 38.33  | 22.50  | 30.42  | 962.11 | 738  | 109.96 | 110.41 | 25.98 |
| 11.0 | 20  | 28.33  | 23.50  | 25.92  | 962.11 | 820  | 109.96 | 115.10 | 26.34 |
| 12.0 | 27  | 24.00  | 31.00  | 27.50  | 962.11 | 876  | 109.96 | 122.78 | 28.08 |
| 13.0 | 35  | 27.33  | 40.00  | 33.67  | 962.11 | 936  | 109.96 | 135.31 | 31.38 |
| 14.0 | 45  | 35.67  | 169.75 | 102.71 | 962.11 | 1022 | 109.96 | 211.19 | 55.41 |
| 14.2 | 168 | 68.75  | 211.33 | 140.04 | 962.11 | 1046 | 109.96 | 249.75 | 67.91 |
| 14.4 | 216 | 116.00 | 233.00 | 174.50 | 962.11 | 1072 | 109.96 | 285.76 | 79.54 |
| 14.6 | 250 | 142.80 | 250.00 | 196.40 | 962.11 | 1072 | 109.96 | 306.83 | 86.56 |

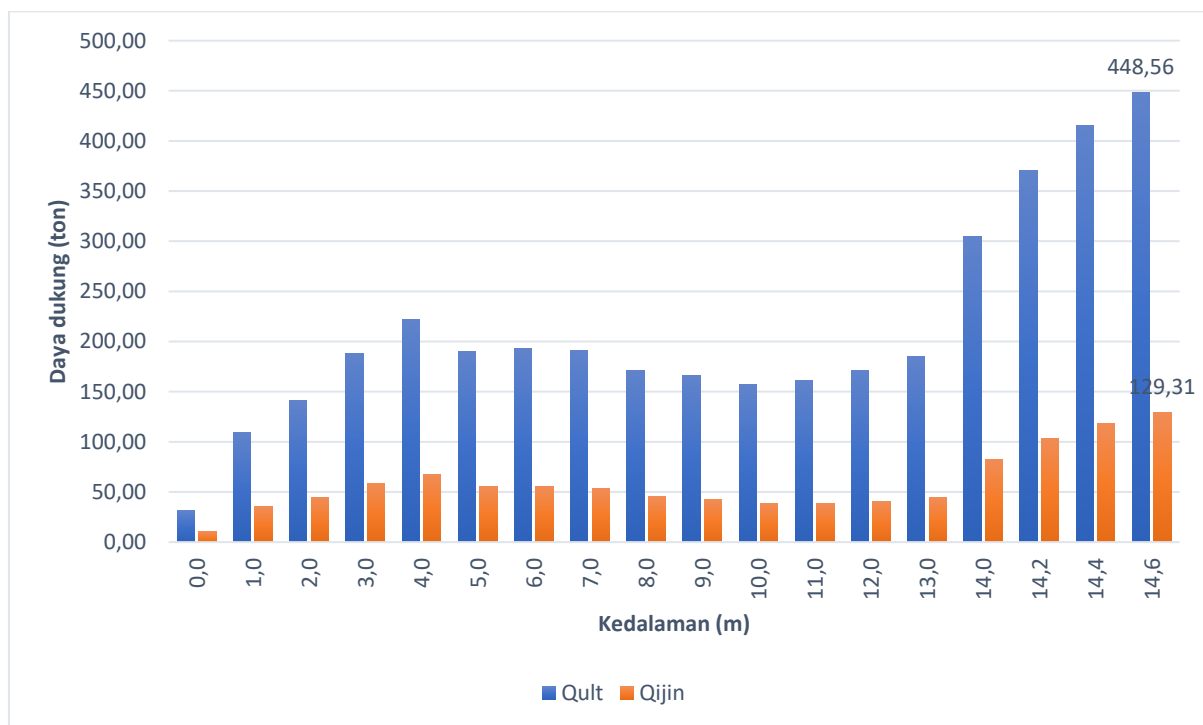


**Gambar 4.1** Grafik daya dukung tiang pancang diameter 350 mm titik S-8

**Tabel 4.3** Perhitungan daya dukung tiang pancang diameter 450 mm berdasarkan data Cone Penetration Test (CPT) pada titik S-8

| S-8  |                    |                    |                    |                    |                 |       |        |        |       |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-------|--------|--------|-------|
| Dept | PPK                | qc1                | qc2                | qp                 | Ap              | JHL   | K      | Qult   | Qijin |
| m    | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | kg/cm | cm     | ton    | ton   |
| 0.0  | 0                  | 0.00               | 40.00              | 20.00              | 1590.43         | 0     | 141.37 | 31.81  | 10.60 |
| 1.0  | 80                 | 40.00              | 88.00              | 64.00              | 1590.43         | 50    | 141.37 | 108.86 | 35.34 |
| 2.0  | 96                 | 58.67              | 94.00              | 76.33              | 1590.43         | 142   | 141.37 | 141.48 | 44.48 |
| 3.0  | 92                 | 67.00              | 128.00             | 97.50              | 1590.43         | 236   | 141.37 | 188.43 | 58.36 |

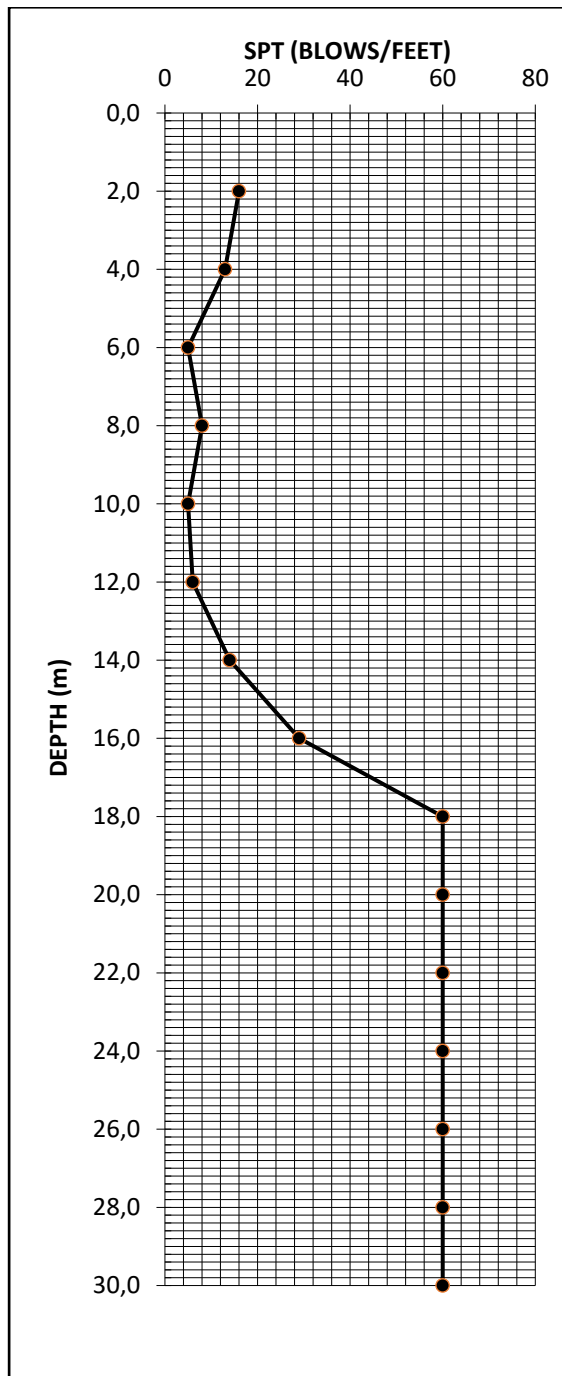
|      |     |        |        |        |         |      |        |        |        |
|------|-----|--------|--------|--------|---------|------|--------|--------|--------|
| 4.0  | 164 | 108.00 | 113.50 | 110.75 | 1590.43 | 324  | 141.37 | 221.94 | 67.87  |
| 5.0  | 63  | 103.75 | 64.00  | 83.88  | 1590.43 | 400  | 141.37 | 189.95 | 55.78  |
| 6.0  | 65  | 96.00  | 62.50  | 79.25  | 1590.43 | 472  | 141.37 | 192.77 | 55.36  |
| 7.0  | 60  | 88.00  | 55.00  | 71.50  | 1590.43 | 548  | 141.37 | 191.19 | 53.40  |
| 8.0  | 50  | 59.50  | 45.00  | 52.25  | 1590.43 | 622  | 141.37 | 171.03 | 45.29  |
| 9.0  | 40  | 53.75  | 32.50  | 43.13  | 1590.43 | 688  | 141.37 | 165.85 | 42.32  |
| 10.0 | 25  | 43.75  | 22.50  | 33.13  | 1590.43 | 738  | 141.37 | 157.02 | 38.43  |
| 11.0 | 20  | 33.75  | 23.50  | 28.63  | 1590.43 | 820  | 141.37 | 161.45 | 38.36  |
| 12.0 | 27  | 28.00  | 31.00  | 29.50  | 1590.43 | 876  | 141.37 | 170.76 | 40.41  |
| 13.0 | 35  | 26.75  | 40.00  | 33.38  | 1590.43 | 936  | 141.37 | 185.40 | 44.16  |
| 14.0 | 45  | 31.75  | 169.75 | 100.75 | 1590.43 | 1022 | 141.37 | 304.72 | 82.31  |
| 14.2 | 168 | 68.75  | 211.33 | 140.04 | 1590.43 | 1046 | 141.37 | 370.60 | 103.82 |
| 14.4 | 216 | 98.20  | 233.00 | 165.60 | 1590.43 | 1072 | 141.37 | 414.93 | 118.10 |
| 14.6 | 250 | 123.50 | 250.00 | 186.75 | 1590.43 | 1072 | 141.37 | 448.56 | 129.31 |



**Gambar 4.2** Grafik daya dukung tiang pancang diameter 450 mm titik S-8



b. Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data SPT



**Gambar 4.3** Grafik SPT titik BH-1

Perhitungan daya dukung tiang pancang diameter 350 mm berdasarkan data SPT yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 diperoleh:

1) Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang pada tanah kohesif

dengan diameter tiang pancang 350 mm.

- Daya dukung ujung tiang pancang pada tanah kohesif maka berdasarkan Persamaan 2.5

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

dimana:

$$A_p = 0,10 \text{ m}^2$$

$$C_u = N_{SPT} \times \frac{2}{3} \times 10 = 106,67 \text{ kN/m}^2$$

sehingga,

$$Q_p = 9 \times 106,67 \times 0,10$$

$$= 92,36 \text{ kN}$$

$$= 9,24 \text{ ton}$$

- Tahanan selimut tiang pancang pada tanah kohesif maka berdasarkan Persamaan 2.6

$$Q_s = \alpha \times C_u \times P \times L_i$$

dimana:

$$\alpha = 0,50$$

$$P = 1,10 \text{ m}$$

$$L_i = 2,00 \text{ m}$$

$$Q_s = 0,50 \times 106,67 \times 1,10 \times 2,00$$

$$= 117,29 \text{ kN}$$

$$= 11,73 \text{ ton}$$

2) Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang pada tanah non kohesif dengan diameter tiang pancang 350 mm.

- Dari kedalaman 20 m diperoleh:

$$N - SPT = 60$$

$$N_1 = N \text{ rata-rata } 10D \text{ di atas ujung tiang}$$

$$= (60 + 60 + 29) / 3 = 49,67$$

$$N_2 = N \text{ rata-rata } 4D \text{ di bawah ujung tiang}$$

$$= (60 + 60) / 2 = 60$$

$$N_{cor} = (N_1 + N_2) / 2$$

$$= (49,67 + 60) / 2$$

$$= 54,83$$

- Daya dukung ujung tiang pancang pada tanah non-kohesif maka berdasarkan Persamaan 2.7

$$Q_p = 40 \times N_{cor} \times \frac{L_b}{D} \times A_p \leq 400 \times N - SPT \times A_p$$

$$Q_p = 40 \times 54,83 \times (2/0,35) \times 0,10$$

$$\leq 400 \times 60 \times 0,20$$

$$Q_p = 1205,85 \text{ kN}$$

$$= 120,58 \text{ ton}$$

- Tahanan selimut tiang pancang tanah non-kohesif maka berdasarkan Persamaan 2.8

$$Q_s = 2 * N_{SPT} * P * L_i$$

$$Q_s = 2 * 60 * 1,10 * 2$$

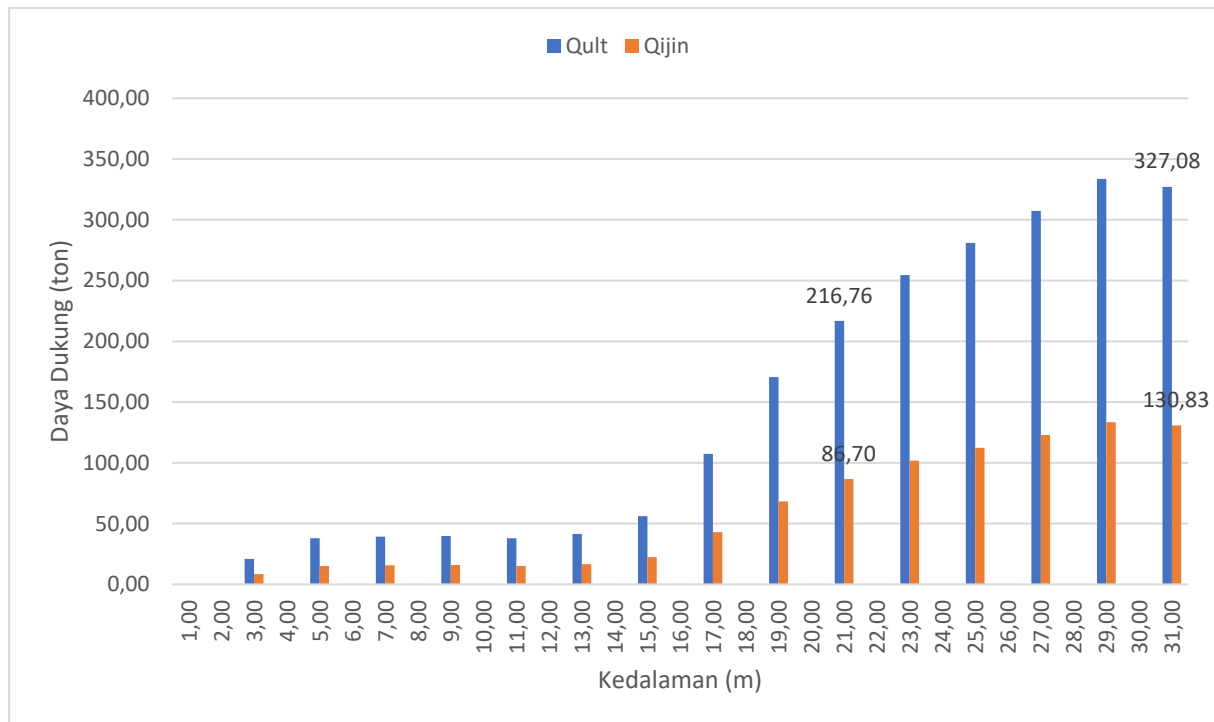
$$Q_s = 263,89 \text{ kN} = 26,39 \text{ ton}$$

Selanjutnya perhitungan daya dukung tiang pancang dengan diameter 350 mm dan 450 mm berdasarkan data

SPT pada titik BH-1 dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.5. Serta disajikan secara grafik daya dukung tiang pancang terhadap kedalaman tiang pada Gambar 4.4 dan 4.5.

**Tabel 4.4** Perhitungan daya dukung tiang diameter 350 mm berdasarkan data *Standard Penetration Test (SPT)* pada titik BH-1

| BH-1          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
|---------------|--------------|-----------|-----------|-------------|--------------------|--------------------|-----------|--------|---------|-----------|--------------|
| Skin Friction |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| Depth         | <i>N-SPT</i> | <i>N1</i> | <i>N2</i> | <i>Ncor</i> | <i>Cu</i>          | $\alpha$           | <i>Qp</i> | Local  | Cum     | <i>Qu</i> | <i>Qijin</i> |
| m             |              |           |           |             | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | kN        | kN     | kN      | ton       | ton          |
| 0.0           | 0            | 0         | 0         | 0           | 0.00               |                    | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00      | 0.00         |
| 1.0           |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 2.0           | 16           | 8.00      | 14.50     | 11.25       | 106.67             | 0.50               | 92.36     | 117.29 | 117.29  | 20.96     | 8.39         |
| 3.0           |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 4.0           | 13           | 9.67      | 9.00      | 9.33        |                    |                    | 205.25    | 57.18  | 174.46  | 37.97     | 15.19        |
| 5.0           |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 6.0           | 5            | 11.33     | 6.50      | 8.92        |                    |                    | 196.09    | 21.99  | 196.45  | 39.25     | 15.70        |
| 7.0           |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 8.0           | 8            | 8.67      | 6.50      | 7.58        |                    |                    | 166.77    | 35.19  | 231.64  | 39.84     | 15.94        |
| 9.0           |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 10.0          | 5            | 6.00      | 5.50      | 5.75        |                    |                    | 126.45    | 21.99  | 253.63  | 38.01     | 15.20        |
| 11.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 12.0          | 6            | 6.33      | 6.00      | 6.17        |                    |                    | 135.61    | 26.39  | 280.02  | 41.56     | 16.63        |
| 13.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 14.0          | 6            | 5.67      | 17.50     | 11.58       |                    |                    | 254.73    | 26.39  | 306.41  | 56.11     | 22.45        |
| 15.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 16.0          | 29           | 13.67     | 44.50     | 29.08       |                    |                    | 639.58    | 127.55 | 433.96  | 107.35    | 42.94        |
| 17.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 18.0          | 60           | 31.67     | 60.00     | 45.83       |                    |                    | 1007.93   | 263.89 | 697.85  | 170.58    | 68.23        |
| 19.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 20.0          | 60           | 49.67     | 60.00     | 54.83       |                    |                    | 1205.85   | 263.89 | 961.75  | 216.76    | 86.70        |
| 21.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 22.0          | 60           | 60.00     | 60.00     | 60.00       |                    |                    | 1319.47   | 263.89 | 1225.64 | 254.51    | 101.80       |
| 23.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 24.0          | 60           | 60.00     | 60.00     | 60.00       |                    |                    | 1319.47   | 263.89 | 1489.53 | 280.90    | 112.36       |
| 25.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 26.0          | 60           | 60.00     | 60.00     | 60.00       |                    |                    | 1319.47   | 263.89 | 1753.43 | 307.29    | 122.92       |
| 27.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 28.0          | 60           | 60.00     | 60.00     | 60.00       |                    |                    | 1319.47   | 263.89 | 2017.32 | 333.68    | 133.47       |
| 29.0          |              |           |           |             |                    |                    |           |        |         |           |              |
| 30.0          | 60           | 60.00     | 60.00     | 60.00       |                    |                    | 989.60    | 263.89 | 2281.22 | 327.08    | 130.83       |

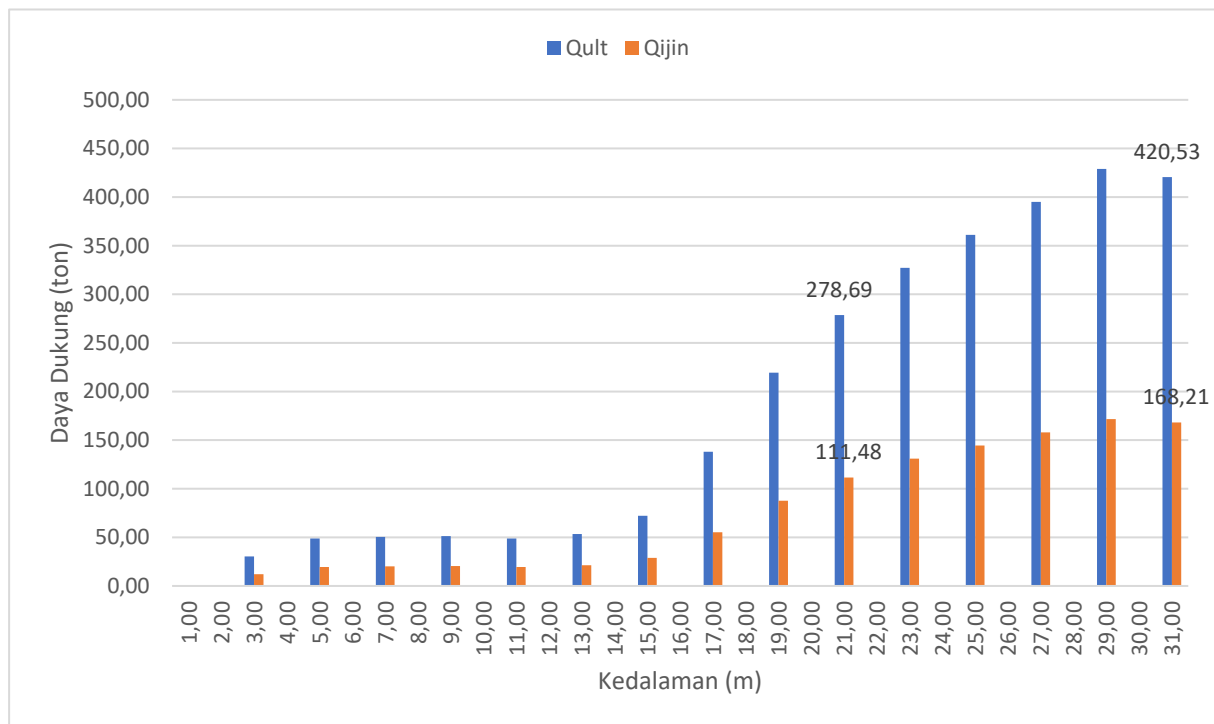


**Gambar 4.4** Grafik daya dukung tiang pancang diameter 350 mm titik BH-1

**Tabel 4.5** Perhitungan daya dukung tiang diameter 450 mm berdasarkan data *Standard Penetration Test (SPT)* pada titik BH-1

| BH-1  |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------|---------------|--------|--------|-------|-------|
| Depth | N-SPT | N1    | N2    | Ncor  | Cu                 | $\alpha$           | Skin Friction |        |        |       |       |
|       |       |       |       |       |                    |                    | Qp            | Local  | Cum    | Qu    | Qijin |
| m     |       |       |       |       | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | kN            | kN     | kN     | ton   | ton   |
| 0.0   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00               |                    | 0.00          | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.00  |
| 1.0   |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |
| 2.0   | 16    | 8.00  | 14.50 | 11.25 | 106.67             | 0.50               | 152.68        | 150.80 | 150.80 | 30.35 | 12.14 |
| 3.0   |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |
| 4.0   | 13    | 9.67  | 9.00  | 9.33  |                    |                    | 263.89        | 73.51  | 224.31 | 48.82 | 19.53 |
| 5.0   |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |
| 6.0   | 5     | 11.33 | 6.50  | 8.92  |                    |                    | 252.11        | 28.27  | 252.58 | 50.47 | 20.19 |
| 7.0   |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |
| 8.0   | 8     | 8.67  | 6.50  | 7.58  |                    |                    | 214.41        | 45.24  | 297.82 | 51.22 | 20.49 |
| 9.0   |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |
| 10.0  | 5     | 6.00  | 5.50  | 5.75  |                    |                    | 162.58        | 28.27  | 326.10 | 48.87 | 19.55 |
| 11.0  |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |
| 12.0  | 6     | 6.33  | 6.00  | 6.17  |                    |                    | 174.36        | 33.93  | 360.03 | 53.44 | 21.38 |
| 13.0  |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |
| 14.0  | 6     | 5.67  | 17.50 | 11.58 |                    |                    | 327.51        | 33.93  | 393.96 | 72.15 | 28.86 |
| 15.0  |       |       |       |       |                    |                    |               |        |        |       |       |

|      |    |       |       |       |         |        |         |        |        |
|------|----|-------|-------|-------|---------|--------|---------|--------|--------|
| 16.0 | 29 | 13.67 | 44.50 | 29.08 | 822.31  | 163.99 | 557.95  | 138.03 | 55.21  |
| 17.0 |    |       |       |       |         |        |         |        |        |
| 18.0 | 60 | 31.67 | 60.00 | 45.83 | 1295.91 | 339.29 | 897.24  | 219.31 | 87.73  |
| 19.0 |    |       |       |       |         |        |         |        |        |
| 20.0 | 60 | 49.67 | 60.00 | 54.83 | 1550.38 | 339.29 | 1236.53 | 278.69 | 111.48 |
| 21.0 |    |       |       |       |         |        |         |        |        |
| 22.0 | 60 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 1696.46 | 339.29 | 1575.82 | 327.23 | 130.89 |
| 23.0 |    |       |       |       |         |        |         |        |        |
| 24.0 | 60 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 1696.46 | 339.29 | 1915.11 | 361.16 | 144.46 |
| 25.0 |    |       |       |       |         |        |         |        |        |
| 26.0 | 60 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 1696.46 | 339.29 | 2254.41 | 395.09 | 158.03 |
| 27.0 |    |       |       |       |         |        |         |        |        |
| 28.0 | 60 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 1696.46 | 339.29 | 2593.70 | 429.02 | 171.61 |
| 29.0 |    |       |       |       |         |        |         |        |        |
| 30.0 | 60 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 1696.46 | 339.29 | 2932.99 | 462.95 | 168.21 |



**Gambar 4.5** Grafik daya dukung tiang pancang diameter 450 mm titik BH-1

c. Penurunan tiang elastis

Pada kedalaman 20 meter dengan diameter tiang pancang 350 mm diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - Q_{wp} &= Q_p - Q_s \\
 &= 1205,85 - 263,89 \\
 &= 941,95 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - Q_{ws} &= 263,89 \text{ kN} \\
 - A_p &= 0,10 \text{ m}^2 \\
 - E_p &= 33234,0184 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 33234018,72 \text{ kN/m}^2 \\
 - L &= 20 \text{ m} \\
 - \xi &= 0,67 \\
 - D &= 0,35 \text{ m} \\
 - C_p &= 0,02
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - C_s &= \left( 0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{L}{D}} \right) \cdot C_p \\
 &= \left( 0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{20}{0,35}} \right) \cdot 0,02 \\
 &= 0,043
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - q_p &= 40 \cdot \frac{L_i}{d} \cdot N_b = 40 \cdot \frac{2}{0,35} \cdot 45,00 \\
 &= 10285,71 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Penurunan elastis tiang ( $S_{e(1)}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{e(1)} &= \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws}) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\
 &= \frac{(941,95 + (0,67 \times 263,89) \times 20)}{0,16 \times 33234018,72} \\
 &= 0,00700 \text{ m} = 7,000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang ( $S_{e(2)}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{e(2)} &= \frac{Q_{wp} \cdot C_p}{D \cdot q_p} = \frac{941,95 \times 0,02}{0,35 \times 10285,7} \\
 &= 0,00523 \text{ m} = 5,233 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Penurunan tiang akibat beban yang disalurkan sepanjang lengan tiang ( $S_{e(3)}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{e(3)} &= \frac{Q_{ws} \cdot C_s}{L \cdot q_p} = \frac{263,89 \times 0,043}{20 \times 10285,7} \\
 &= 0,00005 \text{ m} = 0,055 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Penurunan total tiang ( $S_{total}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{total} &= S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \\
 &= 7,000 + 5,233 + 0,055 \\
 &= 12,29 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan penurunan tiang elastis dengan diameter 350 mm dan 450 mm berdasarkan data SPT pada titik BH-1 dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan 4.9.

**Tabel 4.6** Penurunan elastis tiang diameter 350 mm pada titik BH-1

| No | Bentuk Penurunan   | Penurunan Tiang (mm) |
|----|--|----------------------|
| 1  | Penurunan elastis tiang ( $S_{e(1)}$ )                     | 7,000                |
| 2  | Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang ( $S_{e(2)}$ ) | 5,233                |
| 3  | Penurunan tiang akibat beban yang disalurkan sepanjang     | 0,055                |

| lengan tiang ( $S_{e(3)}$ )                   |       |
|---|-------|
| Total Penurunan Elastis Tiang ( $S_{total}$ ) | 12,29 |

**Tabel 4.7** Penurunan elastis tiang diameter 450 mm pada titik BH-1

| No  | Bentuk Penurunan   | Penurunan Tiang (mm) |
|---|--|----------------------|
| 1   | Penurunan elastis tiang ( $S_{e(1)}$ )   | 5,443                |
| 2   | Penurunan tiang akibat beban di ujung tiang ( $S_{e(2)}$ )                         | 6,728                |
| 3   | Penurunan tiang akibat beban yang disalurkan sepanjang lengan tiang ( $S_{e(3)}$ ) | 0,085                |
| Total Penurunan Elastis Tiang ( $S_{total}$ ) |  | 12,26                |

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data penyelidikan tanah di lapangan (*Cone Penetration Test & Standard Penetration Test*) pada Proyek Pembangunan Hotel Holiday Inn Benoa, diperoleh data sebagai berikut:

- Hasil Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT) pada titik S-8 dengan diameter tiang 350 mm diperoleh  $Q_u = 306,83$  ton &  $Q_{ijin} = 86,56$  ton. Sedangkan untuk tiang dengan diameter 450 mm diperoleh  $Q_u = 448,56$  ton &  $Q_{ijin} = 129,31$  ton.
- Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data *Standard Penetration Test* (SPT) pada titik BH-1 dengan dimensi tiang 350 mm diperoleh  $Q_u = 216,76$  ton &  $Q_{ijin} = 108,38$  ton. Sedangkan untuk tiang dengan diameter 450 mm diperoleh  $Q_u = 278,69$  ton &  $Q_{ijin} = 139,35$  ton.
- Perhitungan penurunan elastis tiang pancang tunggal berdasarkan data *Standard Penetration Test* (SPT) pada titik BH-1 dengan dimensi tiang pancang 350 mm diperoleh  $S_e = 12,29$  mm. Sedangkan untuk tiang dengan

diameter 450 mm diperoleh  $S_e = 12,26$  mm.

- d) Dari hasil perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT) titik S-8 & *Standard Penetration Test* (SPT) titik BH-1 didapatkan hasil lebih besar dari daya dukung yang direncanakan. Berdasarkan data CPT untuk diameter tiang 350 mm diperoleh  $Q_{ijin} = 86,56$  ton >  $Q_{rencana} = 75$  ton & untuk tiang dengan diameter 450 mm diperoleh  $Q_{ijin} = 129,31$  ton >  $Q_{rencana} = 125$  ton. Sedangkan dari data SPT untuk diameter tiang 350 mm diperoleh  $Q_{ijin} = 108,38$  ton >  $Q_{rencana} = 75$  ton dan untuk diameter tiang 450 mm diperoleh  $Q_{ijin} = 139,35$  ton >  $Q_{rencana} = 125$  ton.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aspar, W. A. (2003). *Rekayasa Pondasi 2*. Jakarta: Al-Kamal Press.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 2827:2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 4153:2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bowles, J. E. (1991). *Analisis dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E. (1993). *Analisis dan Desain Pondasi, Edisi Keempat Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (1996). *Teknik Fondasi 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Teknik Fondasi II, Edisi Kedua*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Fondasi II, Edisi Keempat*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Husain, H. (2015). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 dan 6. *SIKLUS Jurnal Teknik Sipil*.
- Jusi, U. (2015). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test). *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 1(2), 50-82.
- Mina, E., K, R. I., & Gultom, L. R. (2018). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji Standard Penetration Test (SPT) dan Data Uji Cone Penetration Test (CPT). *Jurnal Fondasi*, 7(2), 21-30.
- Sihotang, I. S. (2009). *Skripsi: Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kanwil DJP Dan KPP Sumbagut I Jalan Suka Mulia Medan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.