

# ANALISA DAYA DUKUNG *BORED PILE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN KA BH. 38 DI BAJA LINGGEI KABUPATEN SERDANG BEDAGAI

Desrina Sari<sup>1)</sup>, Bangun Pasaribu<sup>2)</sup>, Jupriah Sarifah

<sup>1)</sup>Alumni, <sup>2,3)</sup>Dosen Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Islam Sumatera Utara

[desrina.sari70@gmail.com](mailto:desrina.sari70@gmail.com); [bangun@ft.uisu.ac.id](mailto:bangun@ft.uisu.ac.id); [jupriah@ft.uisu.ac.id](mailto:jupriah@ft.uisu.ac.id)

## Abstrak

*Pondasi adalah struktur bagian bawah dari konstruksi bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan merupakan suatu pekerjaan yang sangat penting dalam pekerjaan teknik sipil, karena pondasi inilah yang akan memikul dan menahan suatu beban yang bekerja di atasnya. Dalam perencanaan pondasi perlu diperhitungkan besar beban yang diterima dan daya dukung tanah setempat. Setiap pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, pada perencanaan pondasi ini ditujukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Kereta Api Di Baja Linggei, Tujuan dari studi ini untuk mengetahui besar daya dukung tiang yang dapan menahan beban tersebut, untuk memahami tentang pondasi, dan Kereta Api. Pondasi yang digunakan pada proyek pembanguna jembatan kereta api ini adalah pondasi tiang bor . Kereta api yang biasa melintas pada rel tersebut adalah kkereta api rel konvensional. nilai daya dukung pondasi tiang bore pile, untuk dimana kapasitas daya dukung pondasi tiang dihitung berdasarkan data Standart Penetration Test (SPT) dengan menggunakan Metode Reese & Wright. Daya dukung tiang bor pada kedalaman 18 meter untuk mengambil kondisi tanah yang seragam pada 3 titik dengan daya dukung rata-rata sebesar 113,5796 ton. Daya dukung tiang kelompok dengan jumlah tiang 15 buah didapat sebesar 1691,768 ton.*

**Kata-Kata Kunci :** *Bore Pile, Kapasitas, Daya Dukung, Jembatan KA*

## I. Pendahuluan

Jembatan adalah sarana transportasi yang mempunyai peranan penting bagi kelancaran pergerakan lalu lintas. Dimana fungsi jembatan adalah menghubungkan rute/lintasan transportasi yang terpisah baik oleh sungai, rawa, danau, selat, saluran, jalan raya, jalan kereta api dan perlintasan lainnya. Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan seefektif dan seefisien mungkin, sehingga pembangunan jembatan dapat memenuhi keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jembatan (*Struyk*, 1984).

Jembatan kereta api ini dibangun untuk melayani kebutuhan tertentu. Pada pembangunan jembatan kereta api Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang, pondasi sumuran, pondasi tiang bor (*bored pile*). Pondasi bored pile adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya, baru kemudian diisi dengan tulangan dan di cor dengan beton. Apabila kekuatan tanah tidak mampu memikul beban pondasi, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi Dalam perencanaannya, sangatlah penting dilakukan analisis mengenai daya dukung pondasi. Tujuan dari skripsi ini untuk menghitung daya dukung tiang dari hasil standar penetrasi test (SPT).

Sementara untuk meninjau daya dukung tiang bor (*bored pile*). adalah dengan menghitung beban secara keseluruhan dari tiang bor (*bored pile*) yang memiliki beban terpusat, hidup). Hal inilah yang menyebabkan penulis tertarik melakukan penelitian ilmiah untuk skripsi dengan judul “Analisa Daya Dukung Bored Pile Pada Proyek Pembangunan

Jembatan KA BH.38 di Baja Linggei Kabupaten Serdang Bedagai”.

## II. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pondasi

Pondasi merupakan salah satu struktur bangunan yang terletak pada bagian paling bawah bangunan. Keberadaan pondasi tidak dapat dipisahkan dari struktur bangunan karena pondasi berfungsi untuk meneruskan gaya-gaya atau beban yang bekerja pada struktur atas ke tanah dasar yang cukup keras. Karena fungsi tersebut maka keberadaan pondasi tidak dapat diabaikan. Menurut Bowles (1997) ppondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang menopang beban dan meneruskan beban serta beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya.

### 2.2 Teori Daya Dukung

Menurut Hardiyatmo (1996), analisis daya dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya.

Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi dalam perancangan pondasi adalah:

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampainya daya dukung harus dipenuhi. Dalam hitungan daya dukung, umumnya digunakan faktor aman 3.

2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khususnya penurunan yang tak seragam (differential settlement) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

Untuk terjaminnya stabilitas jangka panjang, perhatian harus diberikan pada peletakan dasar pondasi. Pondasi harus diletakkan pada kedalaman yang cukup untuk menanggulangi risiko erosi permukaan, gerusan, kembang susut tanah, dan gangguan tanah di sekitar pondasi lainnya.

Analisis-analisis daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan bersifat plastis. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhoff (1955), De Beer dan Vesic (1958).

### 2.1.1 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Dari Hasil SPT

*Standart Penetration Test* (SPT) telah memperoleh popularitas dimana-mana sejak tahun 1927 dan telah diterima sebagai uji tanah rutin di lapangan. SPT dapat dilakukan dengan cara yang relatif mudah sehingga tidak membutuhkan keterampilan khusus dari pemakainya.

Metode pengujian tanah dengan SPT termasuk cara yang cukup ekonomis untuk memperoleh informasi mengenai kondisi di bawah permukaan tanah dan diperkirakan 80% dari desain pondasi untuk gedung bertingkat menggunakan cara ini. Karena banyaknya data SPT, korelasi empiris telah banyak memperoleh kemajuan.

Alat uji ini terdiri dari beberapa komponen yang sederhana, mudah ditransportasikan, dipasang dan mudah memeliharanya. Pandangan para ahli masih sama yaitu bahwa alat ini akan terus dipakai untuk penyelidikan tanah rutin karena relative masih ekonomis dan dapat diandalkan (Rahardjo, 2000).

*Standart Penetration Test* (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukan suatu alat yang dinamakan split spoon ke dalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan relative (*relative density*), sudut geser tanah ( $\theta$ ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan Meyerhoff.

Data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang sebelum pembangunan dimulai.

Tahanan ujung ultimit tiang ( $Q_b$ ) dihitung dengan persamaan:

$$Q_b = A_b \cdot f_b$$

Tahanan gesek dinding tiang ( $Q_s$ ) dihitung dengan persamaan:

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

Kapasitas daya dukung ultimit tiang ( $Q_u$ ) adalah jumlah dari tahanan ujung ultimit tiang ( $Q_b$ ) dan tahanan gesek dinding tiang ( $Q_s$ ) antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya dinyatakan dalam persamaan berikut ini (Hardiyatmo, 2010):

$$Q_u = Q_b + Q_s = A_b \cdot f_b + A_s \cdot f_s$$

Dimana:

- $Q_b$  = Tahanan ujung ultimit tiang
- $Q_s$  = Tahanan gesek dinding tiang
- $A_b$  = Luas ujung tiang bawah
- $A_s$  = Luas selimut tiang
- $f_b$  = Tahanan ujung satuan tiang
- $f_s$  = Tahanan gesek satuan tiang

#### 1. Berdasarkan Metode Reese & Wright:

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data SPT, ditentukan dengan perumusan berikut :

- a. Daya dukung ujung tiang (*and bearing*), (Reese & Wright, 1977)

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

Di mana:

- $A_p$  = Luas penampang tiang bor (m<sup>2</sup>)
- $q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas, (ton/ m<sup>2</sup>)
- $Q_p$  = Daya dukung ujung tiang (ton)

Untuk tanah kohesif:

$$q_p = 9 \cdot C_u$$

Untuk tanah non-kohesif:

Untuk  $N \leq 60$  maka,

$$q_p = 7N \text{ (t/m}^2\text{)} < 400 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

Untuk  $N > 60$  maka,

$$q_p = 400 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

$$N = \text{Nilai Rata - Rata SPT} = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

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

- b. Daya dukung selimut (*skin friction*), (Reese & Wright, 1977)

$$Q_s = f \cdot L \cdot P$$

Di mana:

- $f$  = Tahanan satuan *skin friction*, (ton/m<sup>2</sup>)
- $L$  = Panjang lapisan tanah (m)
- $p$  = Keliling tiang (m)
- $Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (ton)

Pada tanah kohesif:

$$f = \alpha \cdot C_u$$

di mana:

$\alpha$  = faktor adhesi

(berdasarkan penelitian Reese & Wright (1977))

$$\alpha = 0,55$$

$C_u$  = kohesi tanah (ton/m<sup>2</sup>)

Pada tanah non kohesif:

$$N < 53 \text{ maka, } f = 0,32 \text{ N(ton/m}^2\text{)}$$

$$N < 53 < N \leq 100 \text{ maka, } f = \left( \frac{N-53}{450} \right) \times \left( \frac{1}{0,3048^2} \right)$$

$$C_u = \frac{2}{3} \cdot N_{SPT} \cdot 10.$$

### 2.1.2 Efisiensi Tiang Bore Pile

Efisiensi kelompok tiang didefinisikan sebagai:

$$\text{Eff} = \frac{\text{Daya dukung kelompok tiang}}{\text{Jumlah tiang} \times \text{daya dukung tiang tunggal}}$$

Beberapa persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut:  
Metode Converse-Labarre Formula

$$\text{Eff} = 1 - \theta \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90.m.n}$$

### III. Hasil Dan Pembahasan

Peranan penting dalam perencanaan struktur pondasi suatu bangunan dalam pembebanan, oleh karena itu diharuskan ketelitian dalam perhitungan beban yang akan diberikan kepada sebuah bangunan, sehingga dapat ditentukan dengan besaran ataupun kekuatan tiang bor untuk bangunan yang akan direncanakan.

Daya dukung tiang bor akan dihitung dengan menggunakan data Standart Penetration Test (SPT).

Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Bor dari Data SPT

Perhitungan kapasitas daya dukung bored pile dari data SPT memakai metode Reese & Wright dan data diambil pada 3 titik di BH.38 :

1. Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate pada titik 1 :

Data bored pile :

$$\begin{aligned} \text{Diameter Tiang (D)} &= 800 \text{ mm} = 80 \text{ cm} \\ \text{Keliling Tiang (p)} &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 80 \\ &= 251,2 \text{ cm} = 2,512 \text{ m} \\ \text{Luas bored pile} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 80^2 \\ &= 5,024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

a. Untuk lapisan tanah kedalaman 3 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ C_u &= \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT} \cdot 10 \\ &= (\frac{2}{3} \cdot 7 \cdot 10) \\ &= 46,66 \text{ kN/m}^2 = 4,75 \text{ t/m}^2 \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ &= 9 \cdot 4,75 \text{ t/m}^2 \\ &= 42,75 \text{ t/m}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= 42,75 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 21,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ \text{Dari persamaan :} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \alpha \cdot C_u \\ \alpha &= 0,55 \\ f &= 0,55 \cdot 4,75 \text{ t/m}^2 \\ &= 2,6125 \text{ t/m}^2 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 2,6125 \cdot 3 \cdot 2,512 \\ &= 19,6878 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 21,5 + 19,6878 \\ &= 41,1878 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Untuk lapisan tanah kedalaman 6 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ C_u &= \frac{2}{3} \cdot N_{\text{SPT}} \cdot 10 \\ &= \frac{2}{3} \cdot 60 \cdot 10 \\ &= 400 \text{ KN/m}^2 = 40 \text{ t/m}^2 \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ &= 9 \cdot 40 \\ &= 360 \text{ t/m}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 360 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 180,864 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ \text{Dari persamaan :} \\ f &= \alpha \cdot C_u \\ \alpha &= 0,55 \\ f &= 0,55 \cdot 40 \text{ t/m}^2 \\ &= 22 \text{ t/m}^2 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 22 \cdot 6 \cdot 2,512 \\ &= 331,584 \text{ ton} \\ Q_u &= 180,864 + 331,584 \\ &= 512,448 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Untuk lapisan tanah kedalaman 9 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ C_u &= \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT} \cdot 10 \\ &= (\frac{2}{3} \cdot 60 \cdot 10) \\ &= 400 \text{ kN/m}^2 = 40 \text{ t/m}^2 \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ &= 9 \cdot 40 \text{ t/m}^2 \\ &= 360 \text{ t/m}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= 360 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 180,864 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ \text{Dari persamaan :} \\ f &= \alpha \cdot C_u \\ \alpha &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= 0,55 \cdot 40 \text{ t/m}^2 \\
 &= 22 \text{ t/m}^2 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 22 \cdot 9 \cdot 2,512 \\
 &= 497,376 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 180,864 + 497,376 \\
 &= 678,24 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

d. Untuk lapisan tanah kedalaman 12 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohefif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 12 \cdot 2,512 \\
 &= 5,0461 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 5,0461 \\
 &= 111,0565 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

e. Untuk lapisan tanah kedalaman 15 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohefif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 15 \cdot 2,512 \\
 &= 6,3076 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 6,3076 \\
 &= 112,318 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

f. Untuk lapisan tanah kedalaman 18 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohefif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 18 \cdot 2,512 \\
 &= 7,5692 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 7,5692 \\
 &= 113,5796 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate pada titik 2 :

Data bored pile :	
Diameter Tiang (D)	= 800 mm
	= 80 cm
Keliling Tiang (p)	= $\pi \times D$
	= $3,14 \times 80$
	= 251.2 cm
	= 2.512 m
Luas bored pile	= $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$
	= $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 80^2$
	= 5.024 cm <sup>2</sup>

a. Untuk lapisan tanah kedalaman 3 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 9 \cdot C_u \\
 C_u &= \frac{2}{3} \cdot N-SPT \cdot 10 \\
 &= \left( \frac{2}{3} \cdot 60 \cdot 10 \right) \\
 &= 400 \text{ kN/m}^2 = 40 \text{ t/m}^2 \\
 q_p &= 9 \cdot C_u \\
 &= 9 \cdot 40 \text{ t/m}^2 \\
 &= 360 \text{ t/m}^2 \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 Q_p &= 360 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 184,464 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah kohefif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 \text{Dari persamaan :} \\
 f &= \alpha \cdot C_u \\
 \alpha &= 0,55
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= 0,55 \cdot 40 \text{ t/m}^2 \\
 &= 22 \text{ t/m}^2 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 22 \cdot 3 \cdot 2,512 \\
 &= 165,792 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 184,464 + 165,792 \\
 &= 350,256 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

b. Untuk lapisan tanah kedalaman 6 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton untuk tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 6 \cdot 2,512 \\
 &= 2,5231 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 2,5231 \\
 &= 108,5335 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

c. Untuk lapisan tanah kedalaman 9 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 9 \cdot 2,512
 \end{aligned}$$

$$= 3,7845 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 3,7845 \\
 &= 109,7949 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

d. Untuk lapisan tanah kedalaman 12 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= 0,32N \\
 &= 0,32 \cdot 60 \\
 &= 19,2 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 19,2 \cdot 12 \cdot 2,512 \\
 &= 578,7648 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 578,7648 \\
 &= 684,775 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

e. Untuk lapisan tanah kedalaman 15 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 15 \cdot 2,512 \\
 &= 6,3076 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 6,3076 \\
 &= 112,318 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

f. Untuk lapisan tanah kedalaman 18 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 106,0104 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= 0,1674 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 0,1674 \cdot 18 \cdot 2,512 \\ &= 7,5692 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 106,0104 + 7,5692 \\ &= 113,5796 \text{ ton} \end{aligned}$$

g. Untuk lapisan tanah kedalaman 21 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 106,0104 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= 0,1674 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 0,1674 \cdot 21 \cdot 2,512 \\ &= 8,8307 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 106,0104 + 8,8307 \\ &= 114,8411 \text{ ton} \end{aligned}$$

h. Untuk lapisan tanah kedalaman 24 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_p &= 7N \cdot A_p \\ &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 106,0104 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= 0,1674 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 0,1674 \cdot 24 \cdot 2,512 \\ &= 10,0922 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 106,0104 + 10,0922 \\ &= 116,1026 \text{ ton} \end{aligned}$$

i. Untuk lapisan tanah kedalaman 27 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 106,0104 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= 0,1674 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 0,1674 \cdot 27 \cdot 2,512 \\ &= 11,3537 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 106,0104 + 11,3537 \\ &= 117,3641 \text{ ton} \end{aligned}$$

Untuk lapisan tanah kedalaman 30 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ q_p &= 7N \cdot A_p \\ &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\ Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 106,0104 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-koheusif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) \times \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= \left( \frac{60-53}{450} \right) \times \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\ &= 0,1674 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 0,1674 \cdot 30 \cdot 2,512 \\ &= 12,6153 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 106,0104 + 12,6153 \\ &= 118,6257 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Perhitungan kapasitas daya dukung ultimate pada titik 3 :

Data bored pile :

Diameter Tiang (D)= 800 mm = 80 cm

$$\begin{aligned} \text{Keliling Tiang (p)} &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 80 \\ &= 251,2 \text{ cm} \\ &= 2,512 \text{ m} \\ \text{Luas bored pile} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 80^2 \\ &= 5.024 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

a. Untuk lapisan tanah kedalaman 3 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ C_u &= \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT} \cdot 10 \\ &= \left( \frac{2}{3} \cdot 7 \cdot 10 \right) \\ &= 46,66 \text{ kN/m}^2 = 4,75 \text{ t/m}^2 \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ &= 9 \cdot 4,75 \text{ t/m}^2 \\ &= 42,75 \text{ t/m}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= 42,75 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 21,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ \text{Dari persamaan :} \\ f &= \alpha \cdot C_u \\ \alpha &= 0,55 \\ f &= 0,55 \cdot 4,75 \text{ t/m}^2 \\ &= 2,6125 \text{ t/m}^2 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 2,6125 \cdot 3 \cdot 2,512 \\ &= 19,6878 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 21,5 + 19,6878 \\ &= 41,1878 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Untuk lapisan tanah kedalaman 6 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 9 \cdot C_u \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_u &= \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT} \cdot 10 \\ &= \left( \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot 10 \right) \\ &= 33,3 \text{ kN/m}^2 = 3,33 \text{ t/m}^2 \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ &= 9 \cdot 3,33 \text{ t/m}^2 \\ &= 29,97 \text{ t/m}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= 29,97 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 12,057 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ \text{Dari persamaan :} \\ f &= \alpha \cdot C_u \\ \alpha &= 0,55 \\ f &= 0,55 \cdot 3,33 \text{ t/m}^2 \\ &= 1,8315 \text{ t/m}^2 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 1,8315 \cdot 6 \cdot 2,512 \\ &= 27,604 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 12,057 + 27,604 \\ &= 39,661 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Untuk lapisan tanah kedalaman 9 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ C_u &= \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT} \cdot 10 \\ &= \left( \frac{2}{3} \cdot 60 \cdot 10 \right) \\ &= 400 \text{ kN/m}^2 = 40 \text{ t/m}^2 \\ q_p &= 9 \cdot C_u \\ &= 9 \cdot 40 \text{ t/m}^2 \\ &= 360 \text{ t/m}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Q_p &= 360 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 180,864 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ \text{Dari persamaan :} \\ f &= \alpha \cdot C_u \\ \alpha &= 0,55 \\ f &= 0,55 \cdot 40 \text{ t/m}^2 \\ &= 22 \text{ t/m}^2 \\ Q_s &= f \cdot L \cdot p \\ &= 22 \cdot 9 \cdot 2,512 \\ &= 497,375 \text{ ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 180,864 + 497,375 \\ &= 678,24 \text{ ton} \end{aligned}$$

d. Untuk lapisan tanah kedalaman 12 meter :

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ q_p &= 7N \cdot A_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 12 \cdot 2,512 \\
 &= 5,0461 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 5,0461 \\
 &= 111,0565 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

e. Untuk lapisan tanah kedalaman 15 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 15 \cdot 2,512 \\
 &= 6,3076 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 6,3076 \\
 &= 112,318 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

f. Untuk lapisan tanah kedalaman 18 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 18 \cdot 2,512 \\
 &= 7,5692 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 7,5692 \\
 &= 113,5796 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

g. Untuk lapisan tanah kedalaman 21 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohesif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left( \frac{N-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= \left( \frac{60-53}{450} \right) x \left( \frac{1}{0,3048^2} \right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 21 \cdot 2,512 \\
 &= 8,8307 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 8,8307 \\
 &= 114,8411 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

h. Untuk lapisan tanah kedalaman 24 meter :

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2 \\
 q_p &= 7N \cdot A_p \\
 &= 7 \cdot 60 \cdot 0,5024 \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \\
 Q_p &= q_p \cdot A_p \\
 &= 211,008 \text{ t/m}^2 \cdot 0,5024 \text{ m}^2 \\
 &= 106,0104 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Daya dukung selimut beton pada tanah non-kohefif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 f &= \left(\frac{N-53}{450}\right) \times \left(\frac{1}{0,3048^2}\right) \\
 &= \left(\frac{60-53}{450}\right) \times \left(\frac{1}{0,3048^2}\right) \\
 &= 0,1674 \\
 Q_s &= f \cdot L \cdot p \\
 &= 0,1674 \cdot 24 \cdot 2,512 \\
 &= 10,0922 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 106,0104 + 10,0922 \\
 &= 116,1026 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

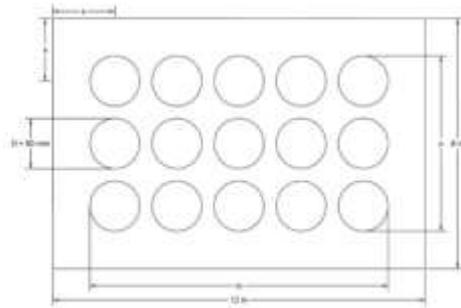
**Tabel 1. Hasil Perhitungan Daya Dukung Ultimate**

Titik	Kedalaman (m)	Qu (ton)
1	3	41,1878
	6	512,448
	9	678,24
	12	111,0665
	15	112,318
	18	113,5796
2	3	350,256
	6	108,5335
	9	109,7949
	12	684,775
	15	112,318
	18	113,5796
	21	114,8411
	24	116,1026
	27	117,3641
	30	118,6257
3	3	41,1878
	6	39,661
	9	678,24
	12	111,0565
	15	112,318
	18	113,5796
	21	114,8411
24	116,1026	

$$\begin{aligned}
 Q_{u \text{ rata-rata}} &= \frac{113,5796 + 113,5796 + 113,5796}{3} \\
 Q_{u \text{ rata-rata}} &= 113,5796 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

**4. Menghitung Kapasitas Daya Dukung Aksial Kelompok Tiang**

Hasil perhitungan  $Q_u$  rata-rata = 113,5796 ton nilai tersebut digunakan sebagai pedoman untuk perhitungan kelompok tiang. Daya dukung efisiensi untuk bored pile group sebagai berikut :



Di mana :  
 D = diameter = 80 mm  
 s = jarak = 2 m  
 n = jumlah baris = 3  
 m = jumlah kolom = 5

maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Eff} &= 1 - \theta^{\frac{(n-1)m+(m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}} \\
 \theta &= \arcsin \frac{D}{s} \\
 \theta &= \arcsin \frac{0,08}{2} \\
 \theta &= 0,381^\circ \\
 \text{Eff} &= 1 - 0,381^\circ \times \frac{(3-1)5+(5-1)3}{90 \cdot 5 \cdot 3} \\
 \text{Eff} &= 0,993 \\
 Q_{ult \text{ group}} &= \text{Eff} \times 15 \times Q_{urata-rata} \\
 Q_{ult \text{ group}} &= 0,993 \times 15 \times 113,5796 \\
 Q_{ult \text{ group}} &= 1691,768 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

**IV. Kesimpulan**

1. Daya dukung tiang bor tunggal pada kedalaman 18 meter memiliki kekuatan daya dukung tiang sebesar 113,5796 ton.
2. Untuk menentukan panjang tiang bor diambil 18 meter karena untuk mengambil kondisi tanah yang sudah seragam.
3. Daya dukung tiang kelompok dengan jumlah baris 5 dan kolom 3 maka jumlah tiang keseluruhan 15 buah di dapat sebesar 1691,768 ton.
4. Dan bila ditinjau dari hasil perhitungan tiang bor tunggal dengan tiang kelompok yang direncanakan masih berada pada zona aman.

**Daftar Pustaka**

- [1]. Frick, Heinz. 1980, *Ilmu Konstruksi Bangunan I*. Yogyakarta: Kanisius.
- [2]. Hardiyatmo, H.C. 1996. *Teknik Fondasi I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [3]. Hardiyatmo, H.C. 2014, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [4]. Hardiyatmo, H.C. 2015, *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.

- [5]. Hulu, Henri Beteholi. 2015, *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Dengan Metode Analisis Proyek Manhatta Mall dan Condominium*. Tugas Akhir Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- [6]. Jusi, Ulfa. 2015, *Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan NStandard Penetration Test)*. Tugas Akhir Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru.
- [7]. Rahardjo, Paulus P. 2000. *Manual Pondasi Tiang*. Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, Universitas Khatolik Parahyangan.
- [8]. Sunggono, V. 1995, *Buku Teknik Sipil*. Bandung: Nova.
- [9]. Zebua, Erwin Junianto, dkk. 2016, *Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bor (Bored Pile) Studi Kasus Pembangunan Rumah Sakit, Pendidikan Universitas Andalas*. Tugas Akhir Teknik Sipil.