

**ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BOREDPILE PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN DI BUNGA PARIAMA DESA SUKA MAKMUR KECAMATAN KUTALIMBARU**Muhammad Safdana Lubis<sup>1</sup><sup>1</sup>Universitas Islam Sumatera UtaraEmail: [msafdana999@gmail.com](mailto:msafdana999@gmail.com)

**Abstrak:** Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi. Umumnya permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pada pondasi dangkal. Oleh karenanya dibutuhkan suatu analisis yang matang untuk menghitung kuat daya dukung pondasi. Daya dukung pondasi pada tanah perlu dianalisis agar dapat menahan beban konstruksi yang direncanakan sehingga tidak mengalami penurunan yang berlebih. Penelitian ini menganalisis kapasitas daya dukung pondasi bored pile pada pembangunan jembatan di Bunga Pariama, Desa Suka Makmur, Kecamatan Kutalimbaru, menggunakan data Standard Penetration Test (SPT). Perhitungan dilakukan dengan dua metode, yaitu Meyerhof dan Reese & Wright, untuk menentukan kapasitas ultimit, kapasitas izin, serta penurunan pondasi pada tiang bored pile berdiameter 0,8 m dan panjang 22 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode Reese & Wright menghasilkan kapasitas dukung ultimit sebesar 7909,087 kN dan kapasitas izin 3954,534 kN, sedangkan metode Meyerhof memberikan kapasitas ultimit 6530,195 kN dan kapasitas izin 3265,097 kN. Penurunan pondasi yang diperoleh juga relatif kecil, yaitu 0,01244 m pada metode Reese & Wright dan 0,01691 m pada metode Meyerhof.

**Kata kunci:** Bored Pile, Mayerhoff, Reese & Wright, Daya Dukung, Penurunan.

***Abstract:** The foundation is the lowest part of a construction that functions to transmit the construction load to the soil layer below the foundation. Generally, deep foundation problems are more complicated than shallow foundations. Therefore, a thorough analysis is needed to calculate the foundation's bearing capacity. The bearing capacity of the foundation on the soil needs to be analyzed so that it can withstand the planned construction load so that it does not experience excessive settlement. This study analyzes the bearing capacity of bored pile foundations in the construction of a bridge in Bunga Pariama, Suka Makmur Village, Kutalimbaru District, using Standard Penetration Test (SPT) data. Calculations were carried out using two methods, namely Meyerhof and Reese & Wright, to determine the ultimate capacity, allowable capacity, and foundation settlement on a bored pile with a diameter of 0.8 m and a length of 22 m. The results of the analysis show that the Reese & Wright method produces an ultimate bearing capacity of 7909.087 kN and a allowable capacity of 3954.534 kN, while the Meyerhof method provides an ultimate capacity of 6530.195 kN and a allowable capacity of 3265.097 kN. The foundation settlement obtained was also relatively small, namely 0.01244 m in the Reese & Wright method and 0.01691 m in the Meyerhof method.*

**Keywords:** *Bored Pile, Mayerhoff, Reese & Wright, Bearing Capacity, Settlement.*

## PENDAHULUAN

Suatu struktur bangunan terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur bangunan membutuhkan pondasi yang kuat dan kokoh sebagai pendukung konstruksi di atasnya. Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi. Umumnya permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pada pondasi dangkal. Oleh karenanya dibutuhkan suatu analisis yang matang untuk menghitung kuat daya dukung pondasi. Daya dukung pondasi pada tanah perlu dianalisis agar dapat menahan beban konstruksi yang direncanakan sehingga tidak mengalami penurunan yang berlebih.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1) Tinjauan Umum

Pondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar bangunan (substruktur) yang berfungsi meneruskan beban dari struktur atas ke lapisan tanah bawahnya. Pondasi tiang (pile) adalah suatu bagian konstruksi pondasi yang berbentuk batang yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah sekitar tiang pada kedalaman tertentu.

(Hardiyatmo, 2011) hal yang perlu dihindari dalam perencanaan pondasi adalah keruntuhan geser atau deformasi berlebihan. Pada perencanaan pondasi juga harus memperhatikan hal-hal berikut:

1. Daya dukung pondasi harus lebih besar dari beban yang bekerja pada pondasi baik beban statik maupun beban dinamik.
2. Penurunan yang terjadi akibat pembebanan tidak lebih besar dari penurunan yang diijinkan dan penurunan yang tidak seragam (*differential settlement*) tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

### 2) Penyelidikan Tanah

Dalam perencanaan pondasi bored pile penyelidikan ini sangat penting dimana penggunaan data-data tersebut sangat berfungsi untuk memahami kondisi geologi, sifat tanah, dan kekuatan tanah setempat.

Menurut (Hardiyatmo, 2011) jenis penyelidikan yang ada pada umumnya dilakukan

dalam merencanakan pondasi adalah:

1. Penyelidikan dilapangan (in site test)

- Pengeboran (hand boring atau machine boring)
- Cone Penetrometer Test (sondir)
- Standart Penetration Test (SPT)

Adalah suatu metode pengujian dengan pengeboran untuk mengetahui perlawanan dinamik tanah. Pelaksanaan uji SPT dilakukan bersamaan dengan pengambilan contoh tanah dengan menggunakan alat split spoon sampler dengan diameter 50 mm dan panjang 500 mm.

- Uji beban plat (plate load test)
- Uji kipas dilapangan (Vane shear test)
- Dynamic Cone Penetrometer.

2. Penyelidikan di laboratorium (laboratory test)

- Uji Index Properties test (Atterberg Limit, Water Content, Specific Gravity, Shieve Analysis)
- Engineering Properties tanah (Direct Shear Test, Triaxial Test, Consolidation Test, Permeability Test, Compaction test, dan CBR).

**3) Bangunan Bawah (Sub Structure)**

Adalah bagian konstruksi yang menahan beban daribangunan atas dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian disalurkan menuju tanah dasar, terdiri atas:

- Pondasi (suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya).
- Pile Cap (merupakan bagian dari struktur bawah bangunan yang berfungsi sebagai pengikat tiang pancang atau bored pile yang sudah tertanam sehingga dapat menjadi satu kesatuan dan dapat menyalurkan beban secara merata tidak hanya kepada satu tiang pancang atau bored pile saja).
- Abutmen atau Footing (suatu konstruksi jembatan yang terdapat pada ujung-ujung jembatan yang berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan atas dan meneruskannya

ke pondas).

- Pier atau Pilar (satu konstruksi bangunan bawah jembatan yang terletak diantara dua abutment yang juga berfungsi sebagai penahan beban bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi).

#### 4) **Macam-Macam Pondasi**

Terdapat 2 klasifikasi pondasi yaitu:

##### 1. Pondasi Dangkal (Shallow Foundation)

Adalah pondasi yang mendukung bebannya secara langsung dengan perbandingan kedalaman dan lebar telapak kurang dari satu ( $D/B \leq 1$ ), contohnya pondasi tapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit.

##### 2. Pondasi Dalam (Deep Foundation)

Adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relatif jauh dari permukaan, perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari empat ( $D/B \geq 4$ ), contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang.

Menurut (Hardiyatmo, 2011), pondasi pile dapat dibagi 2 (dua) berdasarkan pelaksanaannya:

1. Pondasi tiang pancang beton bertulang pracetak (precast reinforced concrete pile). Bentuknya panjang dan langsing yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Bahan utama dari tiang adalah kayu, baja (steel), dan beton. Tahapan pelaksanaan pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut.

- Persiapan lokasi dimana alat pemancang diletakkan dengan memperhatikan kondisi tanah yang dapat menopang alat berat, elevasi akhir kepala tiang pancang berada dibawah permukaan tanah asli.
- Persiapan alat pemancang seperti drop hammer, diesel atau hidrolis, jack in pile, atau dengan vibratory pile driver.
- Penyimpanan tiang pancang pada sekitar lokasi dengan pengelompokan sesuai tipe, diameter dan dimensi yang sama.
- Pemancangan dengan mengaitkan pada sling yang terdapat pada alat, lalu ditarik sehingga tiang pancang masuk pada bagian alat.

2. Pondasi tiang cor di tempat (cast in place), sering di sebut dengan tiang bored pile. Merupakan pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan

mengebor tanah lebih dahulu (Hardiyatmo, 2010). Tahapan pelaksanaan pondasi bored pile adalah sebagai berikut.

- Persiapan Lokasi Pekerjaan (Site Preparation) seperti pengukuran pada area, melaksanakan stripping, cut and fill, persiapan akses truk-mixer, dan pelajari layout titik pondasi.
- Pemasangan stand pipe dengan ketentuan bahwa pusat dari stand pipe harus berada pada titik as pondasi yang telah disurvei terlebih dahulu. Pemasangan stand pipe dilakukan dengan bantuan excavator.
- Pembuatan drainase dan kolam air untuk penampungan air bersih yang akan digunakan untuk pekerjaan pengeboran sekaligus untuk tempat penampungan air bercampur lumpur hasil dari pengeboran.

## a. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Bored Pile

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam yaitu :

1. Daya dukung ujung tiang (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas daya dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan, kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan yang berada dibawah ujung tiang
2. Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang daya dukung bebannya ditentukan terutama oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya.

Menurut Hardiyatmo, (2011) Kapasitas daya dukung tiang bor adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Daya dukung pondasi tiang bor dapat dirumuskan dalam persamaan berikut.

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s - W$$

Dimana :

$Q_{ult}$  = daya dukung ultimit tiang (ton)

$Q_p$  = daya dukung ultimit ujung tiang (ton)

$Q_s$  = daya dukung ultimit selimut tiang (ton)

$W$  = berat tiang (KN)

**b. Metode Reese & Wright (1977)**

• **Daya dukung**

$$Q_p = A_p \times q_p$$

Dengan :

$Q_p$  = daya dukung ujung (ton)

$A_p$  = luas penampang bored pile ( $m^2$ )

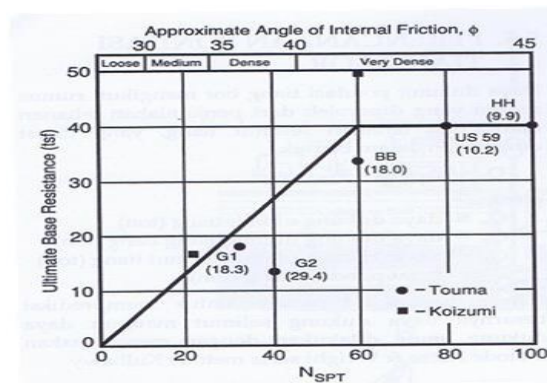
$q_p$  = tahanan ujung per satuan luas ( $ton/m^2$ )

Untuk tanah kohesif:

$$Q_p = 9 \cdot C_u$$

Untuk tanah non kohesif:

Reese & Wright (1977) mengusulkan korelasi antara  $q_p$  dan NSPT seperti terlihat pada Gambar 2.1 berikut.



• **Daya dukung selimut**

$$Q_s = f \times L \times p$$

Dengan:

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang (ton)

$f$  = gesekan selimut tiang per satuan luas ( $ton/m^2$ )

$L$  = panjang tiang bor (m)

$P$  = keliling penampang tiang (m)

Gesekan selimut tiang pada tanah kohesif dapat ditentukan dengan Persamaan berikut.

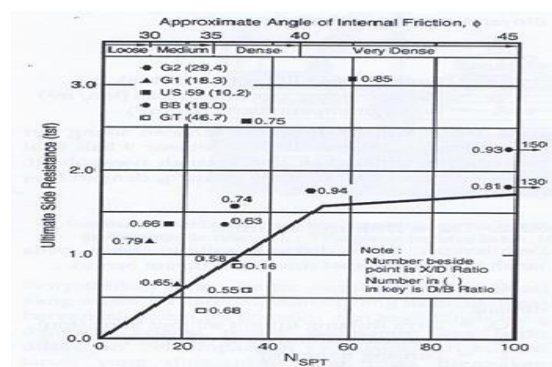
$$f = \alpha \times cu$$

Dengan:

$\alpha$  = faktor adhesi, 0,55

$cu$  = kohesi tanah pada kondisi undrained

Besarnya nilai  $f$  pada tanah non kohesif dapat diperoleh dari korelasi langsung dengan NSPT pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut.



- **Daya dukung ultimit**

$$Qu = Qp + Qs$$

Dengan:

$Qu$  = daya dukung ultimit (ton)

$Qp$  = daya dukung ujung ultimit (ton)

$Qs$  = daya dukung selimut tiang (ton)

- **Kapasitas dukung ijin tiang**

$$Q_{all} = \frac{Qu}{SF}$$

Dengan:

$Q_{all}$  = kapasitas dukung ijin tiang (ton)

$Qu$  = daya dukung ultimit (ton)

$SF$  = angka aman untuk tahanan ujung tiang

Menurut Hardiyatmo (2008), dasar tiang yang dibesarkan dengan diameter  $d < 2$  m digunakan faktor aman ( $SF$ ) sebesar 2,5, sedangkan tiang tanpa pembesaran dibagian bawahnya digunakan faktor aman ( $SF$ ) sebesar 2.

**c. Metode Mayerhoff**

Metode Mayerhoff (1976) telah menyempurnakan teorinya dengan mempertimbangkan beberapa faktor dalam menentukan daya dukung tanah dengan rumus :

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ Q_u &= f_b \cdot A_b + f_s \cdot A_s \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f_b &= \text{Tahanan ujung satuan (kg/cm}^2\text{)} \\ A_b &= \text{Luas penampang ujung tiang bor (m}^2\text{)} \\ f_s &= \text{Tahanan gesek satuan (kg/cm}^2\text{)} \\ A_s &= \text{Luas selimut tiang bor (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

- Daya dukung tahanan ujung ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned} Q_p &= A_b \cdot f_b \\ f_b &= \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot q_{ca} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q_p &= \text{Daya dukung tahanan ujung (kN/m}^2\text{)} \\ A_b &= \text{Luas penampang (m}^2\text{)} \\ f_b &= \text{Tahanan ujung satuan untuk tiang bor diambil 70% atau 50% nya} \\ q_{ca} &= q_c \text{ rata-rata (kN/m}^2\text{) pada zona } 1d \text{ dibawah ujung tiang dan } 4d \text{ diatasnya (d = diameter bore pile)} \\ \omega_1 &= [(d + 0,5) / 2d]^n ; \text{ koefisien modifikasi pengaruh skala, jika } d < 0,5 \text{ m, } \rightarrow \omega_1 = 1 \\ \omega_2 &= L/10d ; \text{ koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan pasir pada saat } L < 10d, \text{ lalu jika } L > 10d, \rightarrow \omega_2 = 1 \end{aligned}$$

- Daya dukung tahanan gesek ( $Q_s$ )

Tahanan gesek satuan diambil salah satu dari :

$$Q_s = \sum A_s \cdot f_s$$

Dengan  $K_f$  adalah 1 atau, bila tidak dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi konus :

$$f_s = K_c \cdot q_c$$

Dengan  $K_c$  adalah 0,005

Dimana :

$Q_s$  = Daya dukung tahanan gesek ( $\text{kN/m}^2$ )

$A_s$  = Luas selimut tiang bor ( $\text{m}^2$ )

$f_s$  = Tahanan gesek satuan ( $\text{kg/cm}^2$ )

$K_c$  = Koef. Modifikasi tahanan konus

$q_c$  = Penetrasi konus

- Daya dukung ijin tiang bor ( $Q_{all}$ )

$$Q_{all} = \frac{Q_p}{FK} + \frac{Q_s}{FK}$$

Dimana :

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

$FK$  = Faktor keamanan (2,5-4)

$Q_p$  = Daya dukung tahanan ujung ( $\text{kN/m}^2$ )

$Q_s$  = Daya dukung tahanan gesek ( $\text{kN/m}^2$ )

#### d. Penurunan Pondasi Bored Pile

Menurut Anigras Pamungkas dan Erny Harianti, (2002) Penurunan tiang pada kelompok tiang merupakan jumlah penurunan elastis atau penurunan yang terjadi dalam satu waktu dekat (*immediate settlement atau elastic settlement*)  $S_i$  dan penurunan yang terjadi dalam jangka waktu yang panjang (*long term consolidation settlement*).

##### 1. Penurunan Tiang Tunggal

Berikut adalah persamaan penurunan pondasi tiang tunggal :

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

Dimana :

$S$  = Penurunan total

$S_1$  = Penurunan akibat deformasi aksial tiang (m)

$S_2$  = Penurunan dari ujung tiang (m)

$S_3$  = penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang (m)

- Penurunan akibat deformasi aksial tiang

$$S_1 = \frac{(Qwp + \alpha + Qs)}{Ap \cdot Ep}$$

Dimana :

$S_1$  = Penurunan akibat deformasi aksial tiang (m)

$Qp$  = Beban yang didukung ujung tiang ( $\text{kN/m}^2$ )

$Qs$  = Beban yang didukung ujung tiang ( $\text{kN/m}^2$ )

$L$  = Panjang tiang (m)

$Ap$  = Luas penampang tiang ( $\text{m}^2$ )

$Ep$  = Modulus elastisitas tiang ( $4700\sqrt{f'c}$ ) ( $\text{kN/m}^2$ )

$\alpha$  = Koefisien yang bergantung pada distribusi gesekan selimut sepanjang tiang (Vestic, 1997) menyarankan  $\alpha = 0,5$  untuk distribusi gesekan yang seragam.

- Penurunan dari ujung tiang

$$S_2 = \frac{qwp \cdot D}{Eb} (1 - \mu_s^2) Iwp$$

Dimana :

$qwp$  = Beban yang didukung ujung tiang (kN)

$D$  = Diameter tiang (m)

$Eb$  = Modulus elastisitas tanah

$\mu_s^2$  = Nisbah Poisson Tanah

$Iwp$  = Faktor pengaruh sebesar 0,85

- Penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

$$S_3 = \frac{Qws}{P \cdot L} \cdot \frac{D}{Es} (1 - \mu_s^2) Iws$$

Dimana :

$Qws$  = Beban yang didukung ujung tiang (kN)

$P$  = Keliling tiang (m)

$L$  = Panjang tiang (m)

$Es$  = Modulus elastisitas tanah (kN)

$\mu_s^2$  = Nisbah Poisson Tanah

Iws = Faktor pengaruh

## 2. Penurunan Yang Diizinkan

Kondisi rasio penurunan yang aman adalah sebagai berikut :

$$S_{total} \leq S_{izin}$$

$$S_{izin} = 10\% \cdot D$$

Dimana :

D = Diameter tiang (m)

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka di peroleh untuk membagi kapasitas ultimit dengan faktor keamanan. Variasi besarnya faktor aman yang telah banya digunakan untuk perancangan pondasi tiang, tergantung pada jenis tiang dan tanah berdasarkan data laboratorium sebagai berikut :

$$Q_a = Q_u / 2,5$$

Dimana :

Q<sub>u</sub> = Kapasitas daya dukung ultimit

## METODE PENELITIAN

### 1) Metode Pengumpulan Data

Berikut ini metode pengumpulan data yang akan dilakukan antara lain :

1. Melakukan *riveiw* dan studi keperpustakaan terhadap *text book* dan jurnal- jurnal terkait dengan pondasi tian, permasalahan pada pondasi tiang.
2. Meninjau langsung ke lokasi proyek dan menentukan lokasi pengambilan data yang dianggap perlu.

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

- a. Pemeriksaan tanah di laboratorium
  - b. Hasil Standard Penetration Test (SPT)
  - c. Gambar kerja yang meliputi gambar situasi, denah, potongan, detail konstruksi.
3. Mengadakan analisis data dengan menggunakan data-data diatas berdasarkan formula yang ada.
  4. Mengadakan analisis terhadap hasil perhitungan yang dilakukan dan membuat kesimpulan.

## 2) Data Penelitian

### 1. Data Primer

Data primer dalam penelitian adalah untuk mendapatkan informasi dan data yang akurat secara langsung dari sumbernya di lapangan. Data primer diperoleh melalui kegiatan seperti survei lapangan, pengukuran, observasi, wawancara, maupun pengambilan sampel yang dilakukan secara sistematis sesuai kebutuhan penelitian. Data teknis diperoleh dari pelaksanaan proyek sehingga dapat diperhitungkan sebagai berikut:

- Panjang nored pile : 22 m
- Diameter pondasi : 0,8 m
- Mutu beton : FC'30 MPa
- Selimut beton : 75 mm
- Jumlah titik pengeboran : 1 titik untuk pengujian SPT
- Muka air tanah (GWL) : 11 m
- Nilai SPT (N Value) :  $\geq 60$

### 2. Data Sekunder

Data sekunder dapat berupa peta, data curah hujan, data tanah, desain bangunan, laporan perencanaan sebelumnya, serta dokumen teknis lain yang diperoleh dari instansi terkait seperti Dinas PUPR, BMKG, BPS, atau lembaga lain.

## 3) Metode Analisa Data

Metode analitis merupakan metode yang digunakan untuk menentukan besar resultan vector secara matematis dengan menggunakan sebuah metode atau rumus.

Adapun langkah-langkah dari perencanaan metode analitis adalah sebagai berikut:

1. Menghitung daya dukung pondasi bore pile menggunakan metode Mayerhoff dan Reese & Wright dari data sondir.
2. Menghitung efisiensi dan penurunan tiang pondasi dengan metode tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi Bored Pile dari Data SPT

#### 1. Metode Reese & Wright

Pada perencanaan tiang diameter 0,8 m, ujung tiang bored pile berada di kedalaman 22

m dengan  $N_{spt} = 60$ .

a) Daya dukung ujung ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned} q_p &= 40 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3922,66 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,82^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 3922,66 \times 0,5024 \\ &= 1970,744 \text{ kN} \end{aligned}$$

b) Daya dukung selimut ( $Q_s$ )

Perhitungan daya dukung selimut tiang ini dihitung sampai pada kedalaman 22 m.

- Lapisan 1 (kedalaman 0 – 2)

$$\text{Tinggi lapisan (L)} = 2 \text{ m}$$

$$N_{spt} \text{ lapisan 1} = 10$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } f_s &= 0,3 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 29,400 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Keliling tiang (P)

$$\begin{aligned} &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 0,8 \\ &= 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{s1} &= f_s \times L \times P \\ &= 29,400 \times 2 \times 2,512 \\ &= 147,705 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Lapisan 2 (kedalaman 2 – 4)

$$\text{Tinggi lapisan (L)} = 2 \text{ m}$$

$$N_{spt} \text{ lapisan 2} = 60$$

$$\text{Nilai } f_s = 1,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 161,809 \text{ kN/ } m^2$$

Keliling tiang (P)

$$= \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 0,8$$

$$= 2,512 \text{ m}$$

$$Qs2 = fs \times L \times P$$

$$= 161,809 \times 2 \times 2,512$$

$$= 812,928 \text{ kN}$$

- Lapisan 3 (kedalaman 4 – 6)

Tinggi lapisan (L) = 2 m

Nspt lapisan 3 = 60

Nilai fs = 1,65 kg/  $cm^2$

$$= 161,809 \text{ kg/ } m^2$$

Keliling tiang (P) =  $\pi \times D$

$$= 3,14 \times 0,8$$

$$= 2,512 \text{ m}$$

$$Qs3 = fs \times L \times P$$

$$= 161,809 \times 2 \times 2,512$$

$$= 812,928 \text{ KN}$$

- Lapisan 4 (kedalaman 6 – 8)

Tinggi lapisan (L) = 2 m

Nspt lapisan 4 = 60

Nilai fs = 1,65 kg/  $cm^2$

$$= 161,809 \text{ kg/ } m^2$$

Keliling tiang (P)

$$= \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 0,8$$

$$= 2,512 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Qs4 &= f_s \times L \times P \\ &= 161,809 \times 2 \times 2,512 \\ &= 812,928 \text{ Kn} \end{aligned}$$

- Lapisan 5 (kedalaman 8 – 10)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi lapisan (L)} &= 2 \text{ m} \\ \text{Nspt lapisan 5} &= 60 \\ \text{Nilai } f_s &= 1,65 \text{ kg/ cm}^2 \\ &= 161,809 \text{ kN/ m}^2 \end{aligned}$$

Keliling tiang (P)

$$\begin{aligned} &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 0,8 \\ &= 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qs5 &= f_s \times L \times P \\ &= 161,809 \times 2 \times 2,512 \\ &= 812,928 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Lapisan 6 (kedalaman 10 – 12)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi lapisan (L)} &= 2 \text{ m} \\ \text{Nspt lapisan 6} &= 60 \\ \text{Nilai } f_s &= 1,65 \text{ kg/ cm}^2 \\ &= 161,809 \text{ kN/ m}^2 \end{aligned}$$

Keliling tiang (P)

$$\begin{aligned} &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 0,8 \\ &= 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qs6 &= f_s \times L \times P \\ &= 161,809 \times 2 \times 2,512 \\ &= 812,928 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Lapisan 7 (kedalaman 12 – 14)

$$\text{Tinggi lapisan (L)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Nspt lapisan 7} = 60$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai } f_s &= 0,2 \text{ kg/ cm}^2 \\ &= 19,613 \text{ kN/ m}^2\end{aligned}$$

Keliling tiang (P)

$$\begin{aligned}&= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 0,8 \\ &= 2,512 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{s7} &= f_s \times L \times P \\ &= 19,63 \times 2 \times 2,512 \\ &= 98,535 \text{ kN}\end{aligned}$$

- Lapisan 8 (kedalaman 14 – 14)

$$\text{Tinggi lapisan (L)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Nspt lapisan 8} = 11$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai } f_s &= 0,3 \text{ kg/ cm}^2 \\ &= 29,400 \text{ kN/ m}^2\end{aligned}$$

Keliling tiang (P)

$$\begin{aligned}&= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 0,8 \\ &= 2,512 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{s8} &= f_s \times L \times P \\ &= 29,400 \times 2 \times 2,512 \\ &= 147,705 \text{ kN}\end{aligned}$$

- Lapisan 9 (kedalaman 16 – 18)

$$\text{Tinggi lapisan (L)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Nspt lapisan 9} = 22$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai } f_s &= 0,65 \text{ kg/ cm}^2 \\ &= 63,743 \text{ kN/ m}^2\end{aligned}$$

Keliling tiang (P)

$$= \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 0,8$$

$$= 2,512 \text{ m}$$

$$Qs9 = fs \times L \times P$$

$$= 63,743 \times 2 \times 2,512$$

$$= 320,244 \text{ kN}$$

- Lapisan 10 (kedalaman 18 –20)

$$\text{Tinggi lapisan (L)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Nspt lapisan 10} = 31$$

$$\text{Nilai } fs = 0,74 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 72,569 \text{ kN/m}^2$$

Keliling tiang (P)

$$= \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 0,8$$

$$= 2,512 \text{ m}$$

$$Qs10 = fs \times L \times P$$

$$= 72,569 \times 2 \times 2,512$$

$$= 364,586 \text{ kN}$$

- Lapisan 11 (kedalaman 20 – 22)

$$\text{Tinggi lapisan (L)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Nspt lapisan 11} = 60$$

$$\text{Nilai } fs = 1,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 161,809 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Keliling tiang (P)}$$

$$= \pi \times D$$

$$= 3,14 \times 0,8$$

$$= 2,512 \text{ m}$$

$$Qs11 = fs \times L \times P$$

$$= 161,809 \times 2 \times 2,512$$

$$= 812,928 \text{ kN}$$

$$Q_s \text{ total} = 147,705 + 812,928 + 812,928 + 812,928 + 812,928 + 812,928 + 98,535 + 147,705 + 302,244 + 364,586 + 812,928 = 5938,343 \text{ kN}$$

c) Daya dukung ultimit ( $Q_u$ )

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 1970,744 + 5938,343 \\ &= 7909,087 \text{ kN} \end{aligned}$$

d) Kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_{all}$ )

$$\begin{aligned} SF &= 2 \\ Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{7909,087}{2} \\ &= 3954,534 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti perhitungan di atas, hasil rekapitulasi perhitungan kapasitas dukung metode Reese & Wright dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Metode Reese & Wright

Diameter (m)	0,8
$Q_p$ ( kN )	1970,744
$Q_s$ ( kN )	5938,343
$Q_u$ ( kN )	7909,087
$Q_{all}$ ( kN )	3954,53

## 2. Perhitungan Metode Mayerhof

Pada perencanaan tiang diameter 0,8 m, ujung tiang bored pile berada di kedalaman 22 m.  $N_{60}$  yang digunakan dalam kapasitas dukung ujung tiang ini di ambil nilai rata-rata 8D di atas dasar tiang dan 4D di bawah dasar tiang.

Tabel 4.2 Nilai  $N_{60}$  Rata-rata

Kedalaman	$N_{60}$ (Koreksi)	$N_{60}$ (rata-rata)

15,6	8,88	28,66
25,2	48,45	

a) Daya dukung ujung ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned}
 f_p &= 0,4 \times N_{60}' \times (L/D) \times \sigma_r \leq 3 \times N_{60}' \times \sigma_r \\
 &= 0,4 \times 28,66 \times (22/0,8) \times 100 \leq 3 \times 28,66 \times 100 \\
 &= 31526 \leq 8598 \text{ kN} / m^2
 \end{aligned}$$

$$f_p \text{ pakai} = 8598$$

$$\begin{aligned}
 A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \\
 &= 0,5024 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \times f_p \\
 &= 0,5024 \times 8598 \\
 &= 4319,635 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b) Daya dukung selimut ( $Q_s$ )

Pada perencanaan tiang diameter 0,8 m, ujung tiang bored pile berada di kedalaman 22 m.  $N_{spt}$  yang digunakan dalam kapasitas dukung ujung tiang ini di ambil nilai rata-rata 8D di atas dasar tiang dan 4D di bawah dasar tiang.

- Lapisan 1 (kedalaman 0-2)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$N_{60} \text{ lapisan 1} = 10$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned}
 &= \pi \times D \times t \\
 &= 3,14 \times 0,8 \times 2 \\
 &= 5,024 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{1}{100} \times N_{60} \times \sigma_r \\
 &= \frac{1}{100} \times 10 \times 100 \\
 &= 20 \text{ kN} / m^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{s1} &= f_s \times A_s \\ &= 10 \times 5,024 \\ &= 50,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Lapisan 2 (kedalaman 2 - 4)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi lapisan (t)} &= 2 \\ \text{N60 lapisan 2} &= 60 \end{aligned}$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} &= \pi \times D \times t \\ &= 3,14 \times 0,8 \times 2 \\ &= 5,024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{1}{100} \times \text{N60} \times \sigma_r \\ &= \frac{1}{100} \times 60 \times 100 \\ &= 60 \text{ kN} / \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{s2} &= f_s \times A_s \\ &= 60 \times 5,024 \\ &= 301,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Lapisan 3 (kedalaman 4 - 6)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi lapisan (t)} &= 2 \\ \text{N60 lapisan 3} &= 60 \end{aligned}$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} &= \pi \times D \times t \\ &= 3,14 \times 0,8 \times 2 \\ &= 5,024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{1}{100} \times \text{N60} \times \sigma_r \\ &= \frac{1}{100} \times 60 \times 100 \\ &= 60 \text{ kN} / \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{s3} &= f_s \times A_s \\ &= 60 \times 5,024 \end{aligned}$$

$$= 301,44 \text{ kN}$$

- Lapisan 4 (kedalaman 6 - 8)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$\text{N60 lapisan 4} = 60$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$= \pi \times D \times t$$

$$= 3,14 \times 0,8 \times 2$$

$$= 5,024 \text{ m}^2$$

$$F_s = \frac{1}{100} \times \text{N60} \times \sigma_r$$

$$= \frac{1}{100} \times 60 \times 100$$

$$= 60 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$Q_{s4} = f_s \times A_s$$

$$= 60 \times 5,024$$

$$= 301,44 \text{ kN}$$

- Lapisan 5 (kedalaman 8 - 10)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$\text{N60 lapisan 5} = 60$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$= \pi \times D \times t$$

$$= 3,14 \times 0,8 \times 2$$

$$= 5,024 \text{ m}^2$$

$$F_s = \frac{1}{100} \times \text{N60} \times \sigma_r$$

$$= \frac{1}{100} \times 60 \times 100$$

$$= 60 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$Q_{s5} = f_s \times A_s$$

$$= 60 \times 5,024$$

$$= 301,44 \text{ kN}$$

- Lapisan 6 (kedalaman 10 - 12)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$\text{N60 lapisan 6} = 60$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$= \pi \times D \times t$$

$$= 3,14 \times 0,8 \times 2$$

$$= 5,024 \text{ m}^2$$

$$F_s = \frac{1}{100} \times \text{N60} \times \sigma_r$$

$$= \frac{1}{100} \times 60 \times 100$$

$$= 60 \text{ kN / m}^2$$

$$Q_{s6} = f_s \times A_s$$

$$= 60 \times 5,024$$

$$= 301,44 \text{ kN}$$

- Lapisan 7 (kedalaman 12 - 14)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$\text{N60 lapisan 7} = 6$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$= \pi \times D \times t$$

$$= 3,14 \times 0,8 \times 2$$

$$= 5,024 \text{ m}^2$$

$$F_s = \frac{1}{100} \times \text{N60} \times \sigma_r$$

$$= \frac{1}{100} \times 6 \times 100$$

$$= 60 \text{ kN / m}^2$$

$$Q_{s7} = f_s \times A_s$$

$$= 6 \times 5,024$$

$$= 30,144 \text{ kN}$$

- Lapisan 8 (kedalaman 14 - 16)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$\text{N60 lapisan 8} = 11$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$= \pi \times D \times t$$

$$= 3,14 \times 0,8 \times 2$$

$$= 5,024 \text{ m}^2$$

$$F_s = \frac{1}{100} \times \text{N60} \times \sigma_r$$

$$= \frac{1}{100} \times 11 \times 100$$

$$= 11 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$Q_{s8} = f_s \times A_s$$

$$= 11 \times 5,024$$

$$= 55,264 \text{ kN}$$

- Lapisan 9 (kedalaman 16 - 18)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$\text{N60 lapisan 9} = 22$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$= \pi \times D \times t$$

$$= 3,14 \times 0,8 \times 2$$

$$= 5,024 \text{ m}^2$$

$$F_s = \frac{1}{100} \times \text{N60} \times \sigma_r$$

$$= \frac{1}{100} \times 22 \times 100$$

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

$$Q_{s9} = f_s \times A_s$$

$$= 22 \times 5,024$$

$$= 110,528 \text{ kN}$$

- Lapisan 10 (kedalaman 18 - 20)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$\text{N60 lapisan 10} = 31$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} &= \pi \times D \times t \\ &= 3,14 \times 0,8 \times 2 \\ &= 5,024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{1}{100} \times N60 \times \sigma_r \\ &= \frac{1}{100} \times 31 \times 100 \\ &= 31 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{s10} &= f_s \times A_s \\ &= 31 \times 5,024 \\ &= 155,744 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Lapisan 11 (kedalaman 20 - 22)

$$\text{Tinggi lapisan (t)} = 2$$

$$\text{N60 lapisan 2} = 60$$

Luas selimut tiang ( $A_s$ )

$$\begin{aligned} &= \pi \times D \times t \\ &= 3,14 \times 0,8 \times 2 \\ &= 5,024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{1}{100} \times N60 \times \sigma_r \\ &= \frac{1}{100} \times 60 \times 100 \\ &= 60 \text{ kN / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{s11} &= f_s \times A_s \\ &= 60 \times 5,024 \\ &= 301,44 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s \text{ total} &= 50,24 + 301,44 + 301,44 + 301,44 + \\ &301,44 + 301,44 + 30,144 + 55,264 + \\ &110,528 + 155,744 + 301,44 \\ &= 2210,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

- e) Daya dukung ultimit ( $Q_u$ )

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 4319,635 + 2210,56$$

$$= 6530,195 \text{ kN}$$

f) Kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_{all}$ )

$$SF = 2$$

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

$$= \frac{6530,195}{2}$$

$$= 3265,097 \text{ kN}$$

Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Mayerhoff

Diameter (m)	0,8
$Q_p$ ( kN )	4319,635
$Q_s$ ( kN )	2210,56
$Q_u$ ( kN )	6530,195
$Q_{all}$ ( kN )	3265,097

## B. Menghitung Penurunan Pondasi Bored Pile

### 1. Perhitungan penurunan pondasi Metode Reese & Wright

$$S_{el} = \frac{(Q_{wp} + \xi \times Q_{ws})L}{A_p \times E_p}$$

$$= \frac{(1970,744 + 0,5 \times 5938,343) 22}{0,5024 \times 25742960}$$

$$= 0,00840 \text{ m}$$

$$S_{el} = \frac{C_p \times Q_{wp}}{D \times q_p}$$

$$= \frac{C_p \times Q_{wp}}{D \times (90 \times (\frac{2}{3} \times N_{spt} \times 10))}$$

$$= \frac{0,05 \times 1970,744}{0,8 \times (90 \times \frac{2}{3} \times 60 \times 10)}$$

$$= 0,00840 \text{ m}$$

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

$$= 2 + 0,35 \sqrt{\frac{22}{0,8}}$$

$$= 3,83$$

$$\begin{aligned} S_{e3} &= \left(\frac{Q_{ws}}{P \times L}\right) \frac{D}{ES} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\ &= \left(\frac{5938,343}{2,512 \times 22}\right) \frac{0,8}{100000} (1 - 0,90^2) 3,83 \\ &= 0,00062 \text{ m} \\ S_e &= S_{e1} + S_{e2} + S_{e3} \\ &= 0,00840 + 0,00342 + 0,0006 \\ &= 0,01244 \text{ m.} \end{aligned}$$

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis daya dukung pondasi bored pile pada pembangunan Jembatan di Bunga Pariama, Desa Suka Makmur, Kecamatan Kutalimbaru, yang dilakukan menggunakan data Standard Penetration Test (SPT) dan metode perhitungan Meyerhof serta Reese & Wright, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Kapasitas daya dukung ultimit dan izin pada metode Reese & Wright lebih besar dibandingkan metode Meyerhof. Perhitungan ini menunjukkan bahwa metode Reese & Wright menghasilkan kapasitas ultimit 7909,087 kN dan kapasitas izin 3954,534 kN, sedangkan metode Meyerhof memberikan kapasitas ultimit 6530,195 kN dan kapasitas izin 3265,097 kN.
2. Nilai penurunan pondasi sangat kecil dan jauh di bawah batas yang diizinkan. Penurunan yang terjadi hanya sebesar 0,01244 m dengan Metode Reese & Wright dan 0,01691 m dengan Metode Meyerhof.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis teknis yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan tambahan pada beberapa titik bor lain, karena pengujian hanya dilakukan pada satu titik bor (BH-1).
2. Uji laboratorium tanah sebaiknya diperbanyak, terutama pengujian konsolidasi, triaxial, dan direct shear untuk memperkuat parameter mekanika tanah yang digunakan.
3. Perencanaan pondasi harus melakukan validasi lapangan melalui uji beban statis (Static Load Test/SLT). Pengujian ini sangat penting untuk memastikan bahwa nilai daya

dukung yang dihitung secara teoritis benar- benar sesuai dengan kondisi aktual tanah di lapangan.

4. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan analisis kelompok tiang (pile group) dan interaksi antar tiang, terutama jika jembatan direncanakan memiliki pile cap dengan beberapa bored pile dalam satu kelompok.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Agustina, Tria, 2023. Prasetyaningtyas, Gayuh Aji. Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Terhadap Risiko Kegagalan Akibat Tanah Lunak Gedung Rumah Sakit Pendidikan Universitas Muhammadiyah Surakarta. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Bowles, J. E. (1997). Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E. 1997. Foundation Analysis and Design. Fifth Edition. Washington D.C
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI-4153-2008: Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT. Jakarta
- Das, Braja M. 2011. Principles of Foundation Engineering, SI Seventh Edition. Stamford: Global Engineering
- Girsang, P. (2009). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tunggal Pada Proyek Pembangunan Gedung Crystal Square Jl. Imam Bonjol No.6 Medan. Program Pendidikan Ekstension Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Gunawan, Ir., 1991, Pengantar Teknik Pondasi, Kanisius, Yogyakarta.
- Hardiyatmo,H.C., 1996, Teknik Pondasi Jilid I, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. Mekanika Tanah 2. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. 2008. Teknik Pondasi. Edisi Keempat. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. 2010. Mekanika Tanah 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. 2011. Analisis dan Perancangan Fondasi 1. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Jeprin Kharisimei Waruwu , Amir Hamzah (2021) Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Sondir Pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Panyabungan Kabupaten Medina

- Muchammad Ramdhany, Sulwan Permana (2021) Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Bored Pile Menggunakan Nilai Standard Penetration Test(SPT) pada Proyek Pembangunan Kereta Cepat Indonesia China
- Preddy Pratama, Bangun Pasaribu, Ronal HT Simbolon (2022) Perhitungan Daya Dukung Rencana Pondasi Bore Pile Pada Perencanaan Pembangunan kantor Balai/Pos Pelayanan Hukung Di Jl Sisimangaraja Medan Berdasarkan Sondir, Spt dan Boring (2022)
- Suyono Sosrodarsono Ir. dan Kazuto Nakazawa. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, PT Pradnya Pramita, Jakarta, 1981
- Tobing, D. L. 2019. Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Proyek Pembangunan Gedung Wahid Hasyim Apartmen Medan
- TriaAgustin, Gayuh Aji Prasetyaningtyas (2023) Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Terhadap Risiko Kegagalan Akibat Tanah Lunak Gedung Rumah Sakit Pendidikan Univesitas Muhammadiyah Semarang