

# Analisis Daya Dukung Pondasi Borepile Pada Proyek Pembangunan Fasilitas Perkeretaapian Manggarai - Jatinegara

Bagus Rizal Kasmana<sup>1</sup>, Gita Puspa Artiani<sup>2\*</sup>, Lydia Darmiyanti<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Sipil, Universitas Krisnadwipayana

<sup>1</sup>bagusrizal39@gmail.com, <sup>2\*</sup>gita\_artiani@unkris.ac.id, <sup>3</sup>lydiadarmiyanti@unkris.ac.id

## Abstrak

Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan Double-Double Track Manggarai – Jatinegara memerlukan pondasi yang aman dan tidak mengganggu lingkungan sekitar. Pondasi *Borepile* dipilih karena tidak menimbulkan getaran dan kebisingan. Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisa penurunan (*settlement*) dan kapasitas daya dukung pondasi *borepile* pada Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan DDT Manggarai – Jatinegara. Metodologi yang digunakan meliputi perhitungan kapasitas daya dukung pondasi berdasarkan data SPT dan CPT menggunakan metode *Meyerhof* serta metode *Reese & Wright*. Selain itu, perhitungan penurunan pondasi dilakukan berdasarkan data penyelidikan tanah dengan metode semi empiris, metode *Versic*, serta analisis menggunakan program *Plaxis 2D*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas daya dukung pondasi *borepile* tunggal tipe B2 pada Gedung Wing Kiri Stasiun Manggarai memenuhi syarat yang ditentukan oleh SNI 8460:2017, dengan nilai  $Q_{ult} > Q_{ijin}$ , yaitu 383,33 ton (*Meyerhof*) dan 358,61 ton (*Reese & Wright*). Penurunan pondasi *borepile* juga berada dalam kategori aman dengan nilai 12,62 mm (semi empiris), 11,45 mm (*Versic*), dan 12,38 mm (*Plaxis 2D*), yang semuanya berada di bawah batas maksimum yang diizinkan sebesar 40 mm. Pondasi *borepile* pada proyek ini memiliki kapasitas daya dukung dan penurunan yang mengikuti standar yang berlaku, dan dapat dilaksanakan dengan aman dalam konstruksi.

**Kata Kunci :** *borepile*, daya dukung pondasi, penurunan pondasi, *plaxis 2D*

## PENDAHULUAN

Lalu lintas kereta api sering mengalami kepadatan karena menggunakan jalur yang sama untuk kereta api perkotaan dan antar kota. Untuk memenuhi kebutuhan masing-masing penumpang, diperlukan pemisahan jalur karena tingkat pelayanan yang berbeda. Dengan adanya masalah tersebut maka dibangunlah proyek jalur dwi ganda atau double-double track (DDT) Manggarai–Jatinegara. Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan DDT Manggarai – Jatinegara berada di daerah padat penduduk dan pengembangan gedung ini tetap mempertahankan struktur bangunan eksisting yang sudah tergolong bangunan tua. Maka pada kasus ini pondasi Borepile atau tiang bor menjadi pilihan yang tepat, sebab pondasi Borepile merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang dalam pelaksanaannya tidak memberikan getaran yang dapat merusak bangunan eksisting dan tidak menimbulkan kebisingan yang dapat mengganggu penduduk sekitar.

Pondasi borepile digunakan untuk menopang beban bangunan yang besar dan mengurangi kemungkinan penurunan pondasi. Penting untuk diperhatikan bahwa borepile dan penurunan pondasi sangat erat kaitannya satu sama lain. Hal ini karena penurunan yang tidak terkendali dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan analisis daya dukung pondasi yang komprehensif untuk menjamin bahwa pondasi borepile mampu menahan beban yang diberikan tanpa mengalami penurunan yang cukup besar. Berdasarkan tinjauan tersebut maka penulis akan melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Daya Dukung Pondasi Borepile Pada Proyek Pembangunan Fasilitas Perkeretaapian Manggarai – Jatinegara”.

Berdasarkan uraian tersebut, berikut rumusan permasalahan yang akan dianalisa dalam Tugas Akhir ini :

1. Bagaimana analisis kapasitas daya dukung pondasi *Borepile* pada Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan *double-double track* Manggarai–Jatinegara berdasarkan metode *Meyerhof* dan metode *Reese & Wright*?
2. Berapa besar penurunan (*settlement*) pondasi *Borepile* secara perhitungan manual dan dengan Aplikasi *Plaxis 2D* pada Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan *double-double track* Manggarai – Jatinegara ?

Berikut ini adalah tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini:

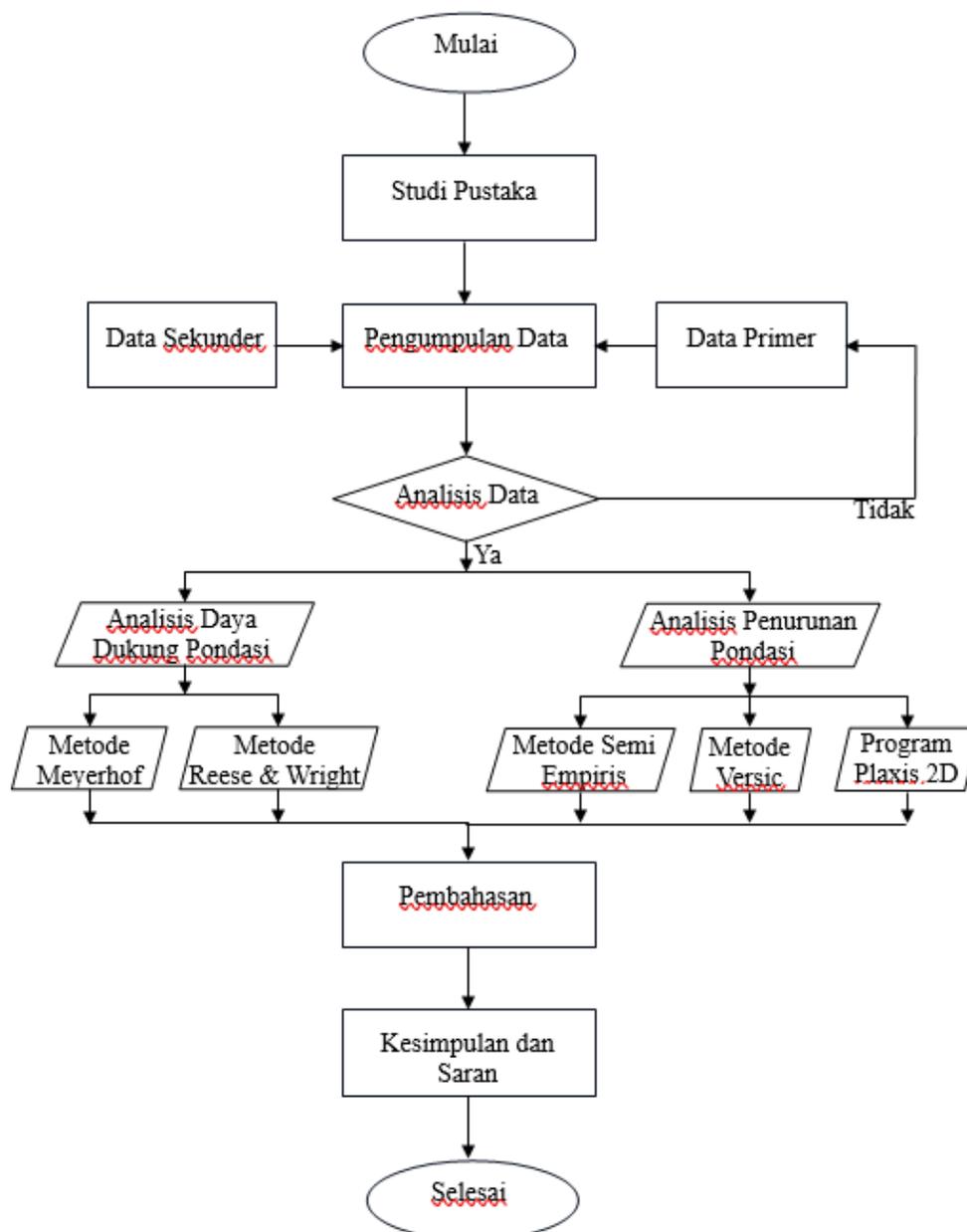
1. Menganalisis nilai kapasitas daya dukung pondasi *Borepile* pada Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan *double-double track* Manggarai–Jatinegara berdasarkan metode *Meyerhof* dan metode *Reese & Wright*.
2. Menganalisis nilai seberapa besar penurunan (*Settlement*) pondasi *Borepile* secara perhitungan manual dan dengan aplikasi *Plaxis 2D* pada Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan *double-double track* Manggarai–Jatinegara.

## METODE

### Tahapan Penelitian

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini mencakup observasi dan studi literatur. Studi literatur melibatkan analisis berbagai sumber seperti buku, tugas akhir, dan artikel jurnal. Data yang diperoleh dalam penelitian ini terbagi menjadi dua kategori: data primer dan data sekunder. Data primer merujuk pada informasi yang dikumpulkan langsung oleh peneliti dan digunakan sebagai dasar untuk perencanaan, misalnya, terkait dengan kondisi dan lokasi proyek. Di sisi lain, data sekunder merupakan informasi yang telah dikumpulkan oleh pihak lain dan memiliki relevansi langsung dengan perencanaan penelitian. Proses penelitian diawali dengan pengumpulan data sekunder yang kemudian diolah menjadi data siap pakai untuk mendukung analisis dan mencapai tujuan penelitian. (Achmad et al., 2022)

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Pertama, peneliti mengumpulkan data primer dari hasil pengamatan langsung di lokasi proyek, kemudian data sekunder yang berupa gambar kerja proyek, data penyelidikan tanah, dan data pengujian PDA. Kemudian, peneliti melakukan analisis terhadap data yang telah dikumpulkan dan menginterpretasikan hasil analisis tersebut dengan bahasa yang mudah dimengerti. Terakhir, peneliti menyimpulkan hasil penelitian dan memberikan saran terkait proyek Pembangunan Fasilitas Perkeretaapian Manggarai - Jatinegara (Paket A) (Tahap II). Metode analisis yang digunakan peneliti dalam penelitian ini adalah dengan menghitung daya dukung pondasi yaitu metode *Meyerhof* dan metode *Reese & Wright*, kemudian untuk penurunan pondasi Borepile menggunakan software *Plaxis 2D* dan perhitungan manual dengan metode *Semi Empiris* dan metode *Versic* yang didukung dengan literatur dan data geoteknik yang diperoleh serta membandingkan hasil perhitungan daya dukung pondasi.



Sumber: Penulis

Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Pondasi borepile harus mampu menahan dan menyebarkan beban bangunan ke tanah di sekitarnya. Kapasitas struktur ini dipengaruhi oleh ukuran borepile, material yang digunakan, dan kondisi tanah. Daya dukung pondasi dinilai melalui perhitungan kapasitas geser tanah dan daya dukung ujung borepile. Stabilitas dan keamanan struktur diperhitungkan dengan mempertimbangkan faktor keamanan, dan parameter tanah yang akurat diperoleh melalui uji laboratorium dan lapangan, seperti uji SPT (Standard Penetration Test) atau CPT (Cone Penetration Test). (Rokhman et al., 2023)

### Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data N-SPT Dengan Metode Reese & Wright

Menurut Reese dan Wright, besarnya daya dukung dapat ditentukan dengan menggunakan metode berikut ini, yang didasarkan pada data SPT (Darmawan & Sari, 2022):

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (1)$$

Dengan :

$Q_u$  : Daya dukung *ultimate* pondasi tiang

$Q_p$  : Daya dukung pada ujung tiang (*End bearing*)

$Q_s$  : Daya dukung selimut tiang (*Skin Friction*)

#### 1. Daya Dukung Ujung Tiang (*End Bearing*)

Menurut Reese & Wright, daya dukung ujung tiang baik pancang maupun bor dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \times q_p \quad (2)$$

Dimana :

$Q_p$  = Daya dukung ujung tiang (ton)

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )

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

Untuk Tanah Kohesif:

$$Q_p = 9 \times C_u \quad (3)$$

Dimana :

$$C_u = \text{Kohesi tanah} = \frac{2}{3} \times N - SPT \times 10 = KN/m^2$$

#### 2. Daya Dukung Selimut Tiang (*Skin Friction*)

Berikut ini adalah persamaan dalam menghitung *skin friction*:

Dimana :

$$Q_s = f \cdot l_i \cdot p \quad (4)$$

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang

$P$  = Keliling penampang tiang

$l_i$  = Panjang segmen tiang ke-i

$f_{si}$  = Gesekan selimut tiang per satuan luas pada segmen ke-i

### Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data CPT Dengan Metode Meyerhof

Dalam perhitungan daya dukung pondasi Borepile dari hasil sondir (CPT), diperlukan teknik Meyerhof untuk menghitung daya dukung pondasi Borepile (Waruwu & Hamzah, 2021). Berikut ini adalah prosedur yang digunakan untuk perhitungan:

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times KI) \quad (5)$$

Dimana :

$Q_{ult}$  = Kapasitas daya dukung

$q_c$  = Tahanan Ujung Sondir

$A_p$  = Luas Penampang Tiang

$JHL$  = Jumlah Hambatan Lekat

$KI$  = Keliling Tiang.

Daya dukung ijin pondasi dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times KI}{5} \quad (6)$$

Dimana :

$q_c$  = Tahanan ujung sondir

$A_p$  = Luas penampang tiang

$JHL$  = Jumlah hambatan lekat

$KI$  = Keliling tiang.

### Penurunan (*Settlement*) Pondasi Borepile Tunggal Metode Semi Empiris

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (7)$$

Dimana :

$S$  = Penurunan total untuk tiang tunggal

$S_s$  = Penurunan akibat deformasi *axial* tiang tunggal

$S_p$  = Penurunan akibat beban pada ujung tiang

$S_{ps}$  = Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang

Persamaan dari masing-masing jenis *settlement* tersebut adalah sebagai berikut:

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) L}{A_p \cdot E_p} \quad (8)$$

Dimana :

- $S_s$  = Penurunan akibat deformasi axial tiang Tunggal
- $Q_p$  = Daya dukung ujung tiang
- $Q_s$  = Daya dukung selimut tiang
- $A_p$  = Luas penampang ujung tiang
- $E_p$  = Modulus elastisitas material tiang
- $L$  = Panjang tiang

Ketika menentukan nilai  $\alpha$ , penting untuk mempertimbangkan geometri distribusi tahanan geser satuan di sepanjang tiang pondasi. Nilai  $\alpha$  sama dengan 0,5 untuk distribusi parabola dan seragam, sedangkan nilai  $\alpha$  sama dengan 0,67 untuk distribusi segitiga ketika kedalaman tiang bertambah. (Siagian & Aldianto, 2022)

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p} \quad (9)$$

Dimana :

- $S_p$  = Penurunan akibat beban pada ujung tiang
- $C_p$  = Koefisien empiris (lihat tabel 2.5)
- $Q_p$  = Daya dukung batas ujung tiang
- $D$  = Diameter tiang

$$S_{ps} = \frac{Q_p}{p \cdot L} \times \frac{D}{E_s} \times (1 - \mu_s^2) \times I_{ws} \quad (10)$$

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

Dimana :

- $S_{ps}$  = Penurunan akibat beban sepanjang tiang
- $Q_p$  = Daya dukung ujung tiang
- $D$  = Diameter tiang
- $\mu$  = Angka poisson
- $E_s$  = Modulus elastisitas tanah
- $L$  = Panjang tiang
- $P$  = Keliling penampang tiang
- $I_{ws}$  = Faktor pengaruh

Nilai rasio poisson dihitung dengan membagi regangan kompresi poros dengan regangan ekspansi lateral selama proses berlangsung. Menurut informasi yang disajikan dalam tabel berikut ini, nilai rasio poisson dapat dihitung berdasarkan jenis tanah. (Syahputra, 2021)

Tabel 1. Angka Poisson

Jenis Tanah	Angka Poisson
Lempung Jenuh	0,4-0,5
Lempung tak jenuh	0,1-0,3
Lempung berpasir	0,2-0,3
Lanau	0,3-0,35
Pasir padat	0,2-0,4
Pasir kasar (e = 0,4-0,7)	0,15
Pasir halus (e = 0,4-0,7)	0,25

Sumber: Hardiyatmo, 2002

Modulus elastisitas tanah memainkan peran penting dalam rekayasa geoteknik karena mengatur bagaimana tanah bereaksi di bawah beban yang berbeda. Berbagai jenis tanah memiliki karakteristik yang berbeda-beda. (Utomo & Suhardi, 2023)

Tabel 2. Nilai Modulus Elastisitas

Jenis Tanah	E (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>LEMPUNG</b>	
Sangat Lunak	3-30
Lunak	20-40
Sedang	45-90
Berpasir	300-425
<b>PASIR</b>	
Berlanau	50-200
Tidak Padat	100-250
Padat	500-1000
<b>PASIR DAN KERIKIL</b>	
Padat	800-2000
Tidak Padat	400-1400
<b>LANAU</b>	
LANAU	20-200
<b>LOSES</b>	
LOSES	150-600

CADAS	1400-14000
-------	------------

Sumber: Bowles,1977

Menurut Vesic, penurunan elastis pondasi dapat dihitung dengan memperhitungkan interaksi antara pondasi dan tanah di bawahnya. Dalam karyanya, Vesic mengembangkan metode untuk menghitung penurunan dengan menggunakan parameter geoteknik tertentu, termasuk koefisien  $C_p$  yang berkaitan dengan bentuk dan dimensi pondasi serta sifat-sifat mekanik tanah. (Arsyad et al., 2021)

Tabel 3. Nilai Koefisien ( $C_p$ )

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02-0,04	0,09-0,18
Lempung	0,02-0,03	0,03-0,06
Lanau	0,03-0,05	0,09-0,12

Sumber: Vesic,1977

### Program Plaxis 2D

Program PLAXIS 2D digunakan secara luas dalam rekayasa geoteknik untuk analisis penurunan fondasi. Dalam hal ini, PLAXIS 2D digunakan untuk menganalisis dan mereplikasi respons tanah di sekitar fondasi tertentu secara efektif. Hal ini memperhitungkan berbagai faktor geoteknik termasuk komposisi tanah, kondisi air tanah, dan beban struktur. Analisis dilakukan untuk memprediksi deformasi atau penurunan tanah dengan mensimulasikan beban yang diterapkan pada pondasi, termasuk beban statis dan dinamis.

Dengan PLAXIS 2D, para insinyur memiliki kemampuan untuk melakukan analisis terperinci mengenai proses penurunan fondasi yang rumit. Program ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan data geoteknik yang tepat, termasuk parameter tanah dan geometri fondasi, dan melakukan simulasi numerik untuk meningkatkan prediksi perilaku tanah. Temuan dari analisis ini dapat membantu pengembangan fondasi yang lebih efisien dan dapat diandalkan, dengan tetap mempertimbangkan penurunan yang dianggap dapat diterima untuk struktur di atasnya.

Selain itu, PLAXIS 2D memberikan kemampuan kepada para insinyur untuk melakukan analisis sensitivitas pada berbagai parameter, termasuk distribusi beban dan kondisi tanah. Hal ini memungkinkan pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana berbagai skenario yang berbeda berpotensi mempengaruhi penurunan pondasi. Program ini membantu dalam menilai risiko yang terkait dengan stabilitas struktur dan memungkinkan perbaikan desain pondasi untuk meminimalkan efek penurunan yang tidak diinginkan. (Napitupulu & Sari, 2023)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah perhitungan dan analisis yang digunakan untuk menganalisa daya dukung aksial dan penurunan *Borepile* tiang tunggal tipe B2 as 2'4 grid D' pada Gedung Wing Kiri Stasiun Manggarai Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan *Double-Double Track (DDT)* Manggarai – Jatinegara.

### Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Dengan Metode Meyerhof

Metode Meyerhof diambil sebagai metode perhitungan daya dukung borepile. Sampel borlog yang diambil dititik BH-3, dan sampel sondir yang diambil dititik S-2, sebagai titik terdekat dengan titik borepile pada grid 2'4 D'.

Data *Borepile*:

- Panjang = 24 m
- Diameter = 1 m
- Keliling =  $\pi \times d = 3,14 \times 1 = 3,14$  m
- Luas =  $\pi r^2 = 3,14 \times (0,5)^2 = 0,785$  m<sup>2</sup>

Sesuai dengan pendekatan Meyerhof, berikut ini adalah perhitungan daya dukung ultimit ( $Q_{ult}$ ) berdasarkan data sondir: Titik sondir S-2 memberikan informasi sebagai berikut:

Tahanan konus ( $q_c$ ) pada 14,4 m = 250 kg/cm<sup>2</sup>

Tahanan lekat total pada kedalaman 14,4 m = 1158,3 kg/cm

#### 1. Daya Dukung Ultimit ( $Q_{ult}$ )

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= (q_c \times A_p) + (JHL \times K_l) \\ &= (250 \times 78,5) + (1158,3 \times 314) \\ &= 383.331,2 \text{ kg} \\ &= \mathbf{383,3312 \text{ ton}} \end{aligned}$$

#### 2. Daya Dukung Ijin Pondasi ( $Q_{ijin}$ )

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_l}{5} \\ &= \frac{250 \times 78,5}{3} + \frac{1158,3 \times 314}{5} \\ &= 79.282,9 \text{ kg} \\ &= \mathbf{79,2829 \text{ ton}} \end{aligned}$$

### Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Dengan Metode Reese & Wright

Dengan menggunakan pendekatan Reese dan Wright, berikut ini adalah perhitungan daya dukung ultimit ( $Q_{ult}$ ) berdasarkan data yang diperoleh dari perhitungan N-SPT:

#### 1. Daya Dukung Ujung ( $Q_p$ )

$$\begin{aligned}
 Cu &= \frac{2}{3} \times N\text{-SPT} \times 10 \\
 &= \frac{2}{3} \times 60 \times 10 \\
 &= 400 \text{ KN/m}^2 = 40,7886 \text{ ton/m}^2 \\
 Qp &= 9 \times Cu \times Ap \\
 &= 9 \times 40,7886 \times 0,785 \\
 &= 288,17 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

### 2. Daya Dukung Selimut (Qs)

$$\begin{aligned}
 Qs &= \alpha \times Cu \times p \times Li \\
 &= 0,55 \times 40,7886 \times 3,14 \times 1 \\
 &= 70,44 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

### 3. Daya Dukung Izin (Qall)

$$\begin{aligned}
 Qult &= 288,17 + 70,44 \\
 &= \mathbf{358,61 \text{ ton}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Qall &= \frac{Qult}{Sf} \\
 &= \frac{358,61}{2,5} \\
 &= \mathbf{143,44 \text{ ton}}
 \end{aligned}$$

## Perhitungan Penurunan Pondasi Dengan Metode Semi Empiris

Persamaan berikut ini mengilustrasikan reduksi yang dapat dicapai pada pondasi tunggal dengan menggunakan pendekatan semi-empiris:

### 1. Penurunan Akibat Deformasi Axial (S<sub>s</sub>)

Mutu beton K-300, seperti yang dinyatakan oleh PBI-1971, memiliki modulus elastisitas (E<sub>p</sub>) sebesar 23500 Mpa, yang setara dengan 2396333,1 ton/m<sup>2</sup>. Selain itu, distribusi gesekan parabola di seluruh tiang pancang adalah sebesar 0,5.

$$\begin{aligned}
 S_s &= \frac{(Qp + \alpha \times Qs)L}{Ap \times Ep} \\
 &= \frac{(288,17 + 0,5 \times 70,44)24}{0,785 \times 2396333,1} \\
 &= 0,004126 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$S_s = \mathbf{4,126 \text{ mm}}$$

### 2. Penurunan Akibat Beban Beban Diujung Tiang (S<sub>p</sub>)

$$\begin{aligned}
 q_p &= 9 \times Cu \\
 &= 3600 \text{ kN/m}^2 \\
 S_p &= \frac{CP \times Qp}{D \times qp} \\
 &= \frac{0,09 \times 288,17}{1 \times 3600} \\
 &= 0,007204 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$S_p = \mathbf{7,204 \text{ mm}}$$

### 3. Penurunan dari lapisan tanah sepanjang tiang pondasi (S<sub>ps</sub>)

$$\begin{aligned}
 S_{ps} &= \frac{Qp}{p \times L} \times \frac{D}{Es} \times (1 - \mu_s^2) \times Iws \\
 &= \frac{288,17}{3,14 \times 24} \times \frac{1}{10000} \times (1 - 0,3^2) \times 3,715 \\
 &= 0,001293 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$S_{ps} = \mathbf{1,293 \text{ mm}}$$

Maka berdasarkan perhitungan semi empiris, penurunan pondasi tiang tunggal tipe B2 as 2'4 grid D' sebesar :

$$\begin{aligned}
 S &= S_s + S_p + S_{ps} \\
 &= \mathbf{4,126 + 7,204 + 1,293} \\
 &= \mathbf{12,623 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

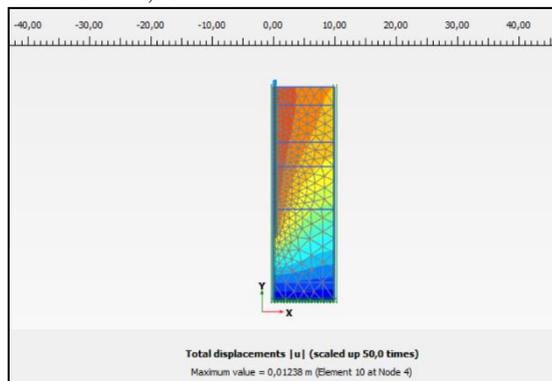
## Perhitungan Penurunan Pondasi Dengan Metode Versic

Penurunan pondasi *borepile* tiang tunggal tipe B2 as 2'4 grid D' dengan metode *versic* menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{D}{100} + \frac{Q \times L}{Ap \times Ep} \\
 S &= \frac{1}{100} + \frac{113,563 \times 24}{0,785 \times 2396333,1} \\
 S &= 0,011449 \text{ m} \\
 S &= \mathbf{11,449 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

## Penurunan Pondasi Borepile Dengan Aplikasi Plaxis 2D

Berikut adalah proses analisis penurunan pondasi borpile menggunakan Plaxis 2D: Masukkan material dan parameter tanah dari data borlog dan laboratorium untuk 6 lapisan tanah serta beton borpile. Tambahkan lapisan tanah ke borehole, buat struktur borpile, interface, dan beban merata. Lakukan mesh permodelan, masukkan muka air tanah di kedalaman 7 meter, dan lanjutkan dengan stage construction untuk menghitung lapisan tanah, pondasi, dan beban. Hasil analisis menunjukkan total penurunan pondasi sebesar 12,38 mm.



Sumber: Plaxis 2D

Gambar 2. Total Penurunan Pondasi Plaxis 2D

### Hasil PDA Test

Berikut adalah hasil dari PDA test yang merupakan hasil PDA pada *pile 07* yang merupakan titik terdekat dari *borepile* tunggal tipe B2 as 2'4 grid D' pada Gedung Wing Kiri Stasiun Manggarai Proyek Pengembangan Gedung Stasiun dan Double-Double Track (DDT) Manggarai – Jatinegara.

Tabel 4. Hasil PDA Test

<i>PDA test &amp; CAPWAP/ASIAWAP</i>	<i>Test Results</i>
<i>Hammer Weight (ton)</i>	2.8
<i>Hammer Drop Height (m)</i>	0.5
<i>Maximum Energy Transfer (t-m)</i>	0.628
<i>Hammer Efficiency (%)</i>	44.857
<i>Recorded Final Displacement (mm)</i>	7.8
<i>Compression Stess Maximum (MPa)</i>	9.055
<i>Tension Stress Maximum (MPa)</i>	2.401
<i>Bearing Capacity (t)</i>	193.89
<i>Friction (t)</i>	102.32
<i>End Bearing (t)</i>	91.57

Sumber: Data Proyek

### Hasil Analisis Pondasi Borepile

Berdasarkan hasil analisis pondasi di atas, nilai daya dukung pondasi untuk borepile eksisting memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI 8460:2017, yaitu  $Q_{ult} > Q_{ijin}$ . Lalu untuk Penurunan pondasi borepile eksisting juga telah memenuhi persyaratan yaitu tidak melebihi penurunan pondasi yang diizinkan SNI 8460 : 2017 sebesar 25 mm untuk tiang < 80cm dan 40 mm atau 4% diameter untuk tiang > 80cm. (Badan Standardisasi Nasional, 2017)

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Analisis

Analisis	<i>Borpile Tunggal Tipe B2 As 2'4 Grid D'</i>
Daya Dukung Metode <i>Meyerhof</i>	
• Qult	383,33 ton
• Qijin	79,28 ton
Daya Dukung <i>Reese &amp; Wright</i>	
• Qult	358,61 ton
• Qijin	143,44 ton
Daya Dukung <i>PDA test</i>	194 ton
Penurunan Pondasi <i>Semi Empiris</i>	12,62 mm
Penurunan Pondasi Metode <i>Versic</i>	11,45 mm
Penurunan Pondasi <i>Plaxis 2D</i>	12,38 mm
Penurunan Pondasi <i>PDA test</i>	7,8 mm

Sumber: Pengolahan Data

## KESIMPULAN

Menurut hasil analisis dan pemeriksaan data, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa analisis daya dukung pondasi menggunakan metode Meyerhof berdasarkan data sondir titik S-2 dengan kedalaman 14,4m menunjukkan nilai Qult 383,33 ton dan Qijin 79,28 ton. Sementara itu, dengan metode Reese & Wright berdasarkan data borlog titik BH-3/P-7 dengan kedalaman 35m, nilai Qult adalah 358,61 ton dan Qijin 143,44 ton. Maka daya dukung borpile tunggal tipe B2 di Gedung Wing Kiri Stasiun Manggarai telah memenuhi persyaratan SNI 8460:2017, di mana Qult lebih besar dari Qijin. Penurunan pondasi borpile tunggal tipe B2 pada Gedung Wing Kiri Stasiun Manggarai menunjukkan hasil yang aman, dengan nilai penurunan sebesar 12,62 mm menggunakan metode Semi Empiris, 11,45 mm menggunakan metode Versic, dan 12,38 mm menggunakan Plaxis 2D. Semua nilai ini berada di bawah batas aman menurut SNI 8460:2017, yaitu 40 mm atau 4% diameter untuk tiang > 80 cm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F. A., Pribadi, G., & Salsabilla, S. (2022). ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE RS. HERMINA BEKASI DENGAN METODE MEYERHOFF DAN REESE AND WRIGHT. *Jurnal Sipil Krisna*, 8(2), 81–94.
- Arsyad, N., Yanti, R. N., & Akbar, H. (2021). ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE PADA GEDUNG KANTOR SATPOL PP KOTA BUKITTINGGI. *JURNAL RIVET*, 1(02), 73–79.
- ASTM Internasional. (2011). ASTM D1586 - 11 Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils. *Universidad de Antioquia*, 1-9.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Standar Nasional Indonesia 8460:2017 tentang Persyaratan perancangan geoteknik. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- Bowles, J. E. (1988). *Analisa dan Desain Pondasi 1*, Edisi Keempat Jilid 1, Jakarta.
- Das, B. M. (1984). *Principles of Foundation Engineering 7th Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- Darmawan, F. S., & Sari, K. I. (2022). ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE DIAMETER 0, 8 M PADA PROYEK GEDUNG MENARA BRI JALAN PUTRI HIJAU, MEDAN. *Buletin Utama Teknik*, 18(1), 85–90.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Analisis dan Perancangan Pondasi I*, Edisi Pertama, Yogyakarta.
- Napitupulu, K., & Sari, K. I. (2023). ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA PENGUJIAN CPTDENGAN SOFTWARE PLAXIS PADA PEMBANGUNAN PASAR BARU PANYABUNGAN KABUPATEN MANDAILING NATAL. *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, 2(2), 155–162.
- Rokhman, R., Rini, R. P., Saputra, A., Rusmin, M., & Klau, J. (2023). Tinjauan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sorong. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 5(2), 127–133.
- Siagian, B. M., & Aldianto, M. A. (2022). ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI PADA PEMBANGUNAN JALUR GANDA KERETA API. *Jurnal Sipil Krisna*, 8(2), 44–56.
- Sosrodarsono, D. S. (1994). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT. Pradnya Paramita.
- Syahputra, M. E. (2021). Analisis Pondasi Bored Pile Pada Proyek Rusunami Sukaramai Medan dengan Metode Reese (1997) & Wright dan Reese & O’neill (1998) Berdasarkan Data Standart Penetration Test (SPT). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 10(2), 88–94.
- Utomo, A. S., & Suhardi, D. (2023). Analisis Daya Dukung Izin Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Lembayan Kabupaten Magetan. *Seminar Keinsinyuran Program Studi Program Profesi Insinyur*, 3(1).
- Waruwu, J. K., & Hamzah, A. (2021). ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA SONDIR PADA PROYEK PEMBANGUNAN PASAR BARU PANYABUNGAN KABUPATEN MADINA. *Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil Dan Sains*, 1(1).