

## Tinjauan Fondasi Tiang Pancang Pada Bangunan RTMC Polda Maluku

Apriyanti Salham Lestaluhu<sup>1</sup>, Pieter Lourens Frans<sup>2</sup>, Henriette Dorothy Titaley<sup>3</sup>)

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon

<sup>1</sup>yantilestaluhu230@gmail.com, <sup>2</sup>pflourens@gmail.com, <sup>3</sup>titaleyhd@gmail.com

### ABSTRACT

The foundation of the RTMC Polda Maluku building has changed in the length of the piles used during implementation that is not in accordance with the plan, raising the question of whether the pile foundation with its carrying capacity is able to accept the load working on it. The purpose of this study is to obtain the results of calculating the carrying capacity and lowering of pile foundations in the RTMC building of the Maluku Regional Police using the Meyerhoff method based on Sondir test result data, SPT and laboratory test result data. This study shows that the calculation of the ultimate carrying capacity obtained the ultimate carrying capacity value of single piles from sondir data of 305.6 tons, and SPT data of 595.2 tons and laboratory data of 150.88 tons. This shows that the largest carrying capacity results are based on SPT data, then followed by sondir data and the smallest is the carrying capacity based on laboratory data results. The calculation of the decline in the pile foundation with the number of 2 piles shows a single decrease of 0.0062 m and a decrease in the pile group of 0.015 m and the result of the decline in the pile foundation with a total of 3 piles shows a single decrease of 0.0063 m and a decrease in the group of 0.015 m. This shows that the decrease in the foundation of 2 poles and 3 poles is smaller than the allowable decrease of 0.15 m so that the decrease is declared safe.

### ABSTRAK

Fondasi bangunan RTMC Polda Maluku mengalami perubahan pada panjang tiang pancang yang digunakan saat pelaksanaan yang tidak sesuai dengan perencanaan, menimbulkan pertanyaan apakah fondasi tiang pancang dengan daya dukungnya mampu menerima beban yang bekerja di atasnya. Tujuan penelitian ini yaitu mendapatkan hasil perhitungan daya dukung dan penurunan fondasi tiang pancang pada bangunan RTMC Polda Maluku dengan menggunakan metode Meyerhoff berdasarkan data hasil uji Sondir, SPT dan data hasil uji Laboratorium. Penelitian ini menunjukkan Hasil perhitungan kapasitas daya dukung ultimate diperoleh nilai daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dari data sondir sebesar 305,6 ton, dan data SPT sebesar 595,2 ton serta data laboratorium sebesar 150,88 ton. Hal ini menunjukkan hasil daya dukung paling besar adalah berdasarkan data SPT, kemudian diikuti data sondir dan yang paling kecil adalah daya dukung berdasarkan hasil data laboratorium. Hasil perhitungan penurunan fondasi tiang pancang dengan jumlah tiang 2 buah tiang menunjukkan hasil penurunan tunggal sebesar 0,0062 m dan penurunan kelompok tiang sebesar 0,015 m serta hasil penurunann fondasi tiang pancang dengan jumlah 3 buah tiang menunjukkan hasil penurunan tunggal sebesar 0,0063 m dan penurunan kelompok sebesar 0,015 m. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan fondasi 2 tiang maupun 3 tiang lebih kecil dari pada penurunan yang dizinkan yaitu sebesar 0,15 m sehingga penurunan dinyatakan aman.

**Kata Kunci:** Tiang Pancang, Daya Dukung, Penurunan

### 1. PENDAHULUAN

Fondasi merupakan struktur bawah (*lower structure*) yang memiliki peran sangat vital pada suatu bangunan yaitu sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban bangunan di atasnya ke lapisan tanah yang memikul daya dukungnya (Rudy Gunawan:1983). Fondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis fondasi dalam yang digunakan untuk menyalurkan beban struktur bagian atas ke lapisan tanah keras yang memiliki kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya

cukup didalam tanah. Perencanaan fondasi terlebih dahulu harus dihitung dan ditentukan daya dukung tiang fondasi. Daya dukung tiang adalah kemampuan tiang dalam memikul beban yang disalurkan oleh struktur di atasnya dengan sejajar sumbu tiang. Dalam perhitungan daya dukung tiang terdapat beberapa metode yang dikemukakan oleh beberapa Ahli, salah satu diantaranya adalah Metode Mayerhof yaitu dengan menghitung kapasitas daya dukung ultimate ( $Q_u$ ) atau beban maksimum yang dapat dipikul fondasi tanpa

mengalami keruntuhan.

Gedung *Regional Traffic Management Centre* (RTMC) Polda Maluku yang dibangun di kawasan Markas Polda Maluku, Jl. Sultan Hasanudin, Pandan Kasturi, Kec. Sirimau, Kota Ambon, Maluku. RTMC Polda Maluku didesain dengan ketinggian 15,35 m di atas muka tanah. Pembangunan Gedung ini bertujuan untuk memperluas lingkup pelayanan informasi kepada masyarakat dalam mewujudkan Keamanan, Keselamatan, Ketertiban dan Kelancaran Lalulintas. Oleh karena itu tentunya akses masuk ke gedung terbuka bagi seluruh masyarakat dikota Ambon, meninjau dari hal tersebut terjaminnya kemanaan struktur fondasi yang baik untuk menahan beban bangunan tersebut menjadi sangat penting. Adanya perubahan pada panjang tiang pancang yang digunakan saat pelaksanaan yang tidak sesuai dengan perencanaan, menimbulkan pertanyaan apakah fondasi tiang pancang pada bangunan RTMC Polda Maluku memenuhi kapasitas daya dukung fondasi terhadap beban bangunan tersebut. Maka dengan ini peneliti merasa perlu di lakukannya tinjauan terkait fondasi tiang pancang pada bangunan RTMC Polda Maluku. Penelitian ini dilakukan dengan data penyelidikan tanah berupa data hasil Sondir, Standar Penetrasi Test (SPT) serta data Laboratorium yang akan dianalisis menggunakan metode Meyerhof kemudian membandingkan hasilnya.

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Pengertian dan Fungsi Fondasi**

Fondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah, yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban berguna, dan gaya-gaya luar terhadap gedung seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Fondasi berfungsi:

- a. Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan.
- b. Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah yang cukup kuat.
- c. Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan stabil/tetap (Setiawan, 2001).

Secara umum, fondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban kepada tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun horizontal. Namun demikian fungsi fondasi tiang lebih dari itu dan penerapannya untuk masalah-masalah lain cukup banyak, diantaranya:

- 1. Untuk menahan gaya angkat (up-lift force) pada fondasi atau dok di bawah muka air.
- 2. Untuk memadatkan tanah pasiran dengan cara penggetaran. Tiang ini kemudian ditarik lagi.
- 3. Untuk mengurangi penurunan.
- 4. Untuk memperkaku tanah di bawah fondasi mesin, mengurangi amplitude getraran dan frekuensi alamiah dari system.

- 5. Untuk memberikan tambahan faktor keamanan, khususnya pada kaki jembatan yang dikhawatirkan mengalami erosi.
- 6. Untuk menahan longsor atau sebagai soldier piles (Rahardjo, 2000).

**2.2 Kapasitas Dukung Fondasi Tiang**

**2.2.1 Kapasitas Dukung Tiang Tunggal**

**a. Berdasarkan Data Sondir.**

**Daya dukung ujung tiang**

$$Q_b = q_c \times A_p \dots\dots (1)$$

**Daya dukung selimut tiang**

$$Q_s = JHL \times K_t \dots\dots (2)$$

**Kapasitas dukung ultimate tiang**

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots (3)$$

Dengan :

$Q_u$  = Kapasitas dukung *ultimate* tiang (kg),

$Q_b$  = Kapasitas dukung ujung tiang (kg)

$Q_s$  = Kapasitas dukung selimut tiang (kg)

$Q_a$  = Kapasitas dukung ijin tiang (kg),

$q_c$  = Tahanan ujung Sondir (kg/cm<sup>2</sup>),

JHL = Jumlah hambatan lekat (kg/cm),

$K_t$  = Keliling tiang (cm),

$A_p$  = Luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>)

**b. Berdasarkan Data SPT**

**Kapasitas dukung ujung tanah pada tanah non-kohesif.**

$$Q_b = 40 \times N - SPT \times A_p \dots\dots (4)$$

**Tahanan geser selimut tiang pada tanah non-kohesif**

$$Q_s = 0,2 \times N - SPT \times K_t \times L_i \dots\dots (5)$$

**Kapasitas dukung ujung tiang pada tanah kohesif  $c_u$**

$$Q_b = 9 \times c_u \times A_p \dots\dots (6)$$

**Tahanan geser selimut tiang pada tanah kohesif  $c_u$**

$$Q_s = \alpha \times c_u \times K_t \times L_i \dots\dots (7)$$

Untuk nilai  $C_u$  berdasarkan data N-SPT dapat diketahui dengan persamaan:

$$C_u = NSPT \times \frac{2}{3} \times 10 \dots\dots (8)$$

**Kapasitas dukung ultimate tiang**

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

Dengan:

$Q_b$  = Daya dukung ujung tiang (ton),

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (ton)

$Q_u$  = Daya dukung *ultimate* (ton)

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

$A_p$  = Luas penampang tiang ( $m^2$ ),  
 $\alpha$  = Koefisien adhesi = 0,55 (resse & wreight)  
 $K_t$  = Keliling tiang (m)  
 $L_i$  = Panjang lapisan tanah (m).  
 $40$  = Koefisien perlawanan ujung tiang yang dianjurkan Meyerhof.

**c. Berdasarkan Data Laboratorium**

Perhitungan daya dukung ujung tiang :  
 Untuk tanah Kohesif :  
 $Q_b = A_p \times c_u \times N_c$  ..... (9)

Untuk tanah non-kohesif :  
 $Q_b = A_p \times q' (N_q^* - 1)$  ..... (10)

Dengan :  
 $Q_b$  = Kapasitas daya dukung ujung tiang (ton).  
 $A_p$  = Luas penampang tiang pancang, ( $m^2$ )  
 $c_u$  = *Undrained cohesion*, ( $ton/m^2$ )  
 $q'$  = Tegangan efektif vertikal, ( $ton/m^2$ )  
 $N_c^*, N_q^*$  = Faktor daya dukung tanah, untuk fondasi dalam.

Perhitungan Daya dukung selimut tiang :  
 $Q_s = f_i \times L_i \times p$  ..... (11)

Dengan :  
 $f_i$  = Tahanan satuan skin friction, ( $ton/m^2$ )  
 $L_i$  = Panjang lapisan tanah, (m)  
 $p$  = Keliling tiang, (m)  
 $Q_s$  = Daya dukung selimut tiang, (ton)

Pada tanah kohesif :  
 $F_i = \alpha_i \times c_u$  ..... (12)

Dengan :  
 $\alpha_i^*$  = Faktor adhesi = 0,55.  
 $c_u$  = *Undrained cohesion*, ( $ton/m^2$ )  
 Pada tanah non-kohesif :  
 $F_i = K_0 \times \sigma_v' \times \tan \delta$  ..... (13)

Dengan :  
 $K_0$  = Koefisien tekanan tanah =  $1 - \sin \phi$   
 $\delta = 0,8 \cdot \phi$   
 $\sigma_v'$  = Tegangan vertikal efektif tanah, ( $ton/m^2$ )  
 Untuk Tegangan vertikal efektif tanah ( $\sigma_v'$ ) didapatkan dengan persamaan :  
 $\sigma_v' = \gamma \times L'$  ..... (14)

$L' = 15 \times D$  ..... (15)

Dengan :  
 $D$  = Diameter.  
**d. Faktor Aman Tiang Pancang**  
 $Q_a = \frac{Q_u}{F}$  ..... (16)

Dengan :  
 $Q_a$  = Kapasitas dukung ijin tiang  
 $Q_u$  = Kapasitas Ultimate  
 $F$  = Faktor aman  
 Kisaran faktor aman dan analisis statis yang umumnya sering digunakan adalah sekitar 2 – 4 dan kebanyakan digunakan 3 (Hardiyatmo, 2022).

**2.2.2 Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Kelompok**  
**a. Kapasitas dukung fondasi tiang kelompok dan efisiensi tiang fondasi.**

$Q_g = E_g \times n \times Q_a$  ..... (17)

Dengan :  
 $Q_g$  = Beban maksimum kelompok tiang yang mengakibatkan keruntuhan.  
 $E_g$  = Efisiensi kelompok tiang.  
 $N$  = Jumlah tiang dalam kelompok.  
 $Q_a$  = Beban maksimum tiang tunggal.

Berikut adalah metode menurut *Converse Labarre Formula* (Hardiyatmo, 2022) :

$E_g = 1 - \theta \left( \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right)$  ..... (18)

Dengan :  
 $E_g$  = Efisiensi kelompok tiang.  
 $m$  = Jumlah baris tiang.  
 $n$  = Jumlah tiang dalam satu baris.  
 $\theta = \tan^{-1}$  (dalam derajat).  
 $s$  = Jarak pusat ke pusat tiang.  
 $d$  = Diameter tiang.

Jika daya dukung kelompok lebih besar dari beban aksial yang diterima, Maka fondasi dinyatakan aman.

**2.3 Analisis Distribusi Beban ke Tiap Tiang Pancang**

Reaksi total atau beban aksial pada masing-masing tiang adalah jumlah reaksi akibat beban vertikal dan momen arah x yaitu :

$P_i = \frac{\sum p}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum x^2}$  ..... (19)

Namun jika momen yang bekerja dua arah yaitu arah sumbu x dan y maka persamaan untuk menghitung tekanan aksial pada masing-masing tiang adalah sebagai berikut :

$P_i = \frac{\sum p}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum y^2}$  ..... (20)

Dengan keterangan :

$\Sigma p$  = Berat total (berat aksial + berat pile cap + berat tiang)

$n$  = Jumlah tiang dalam kelompok

$M_y$  = Momen arah y terhadap sumbu x

$M_x$  = Momen arah x terhadap sumbu y

$X_i$  = Jarak searah sumbu x dari pusat berat kelompok tiang ke tiang

$Y_i$  = Jarak searah sumbu y dari pusat berat kelompok tiang ke tiang

$\Sigma x^2$  = Jumlah kwadrat dari jarak tiap-tiap tiang ke pusat kelompok tiang arah x

$\Sigma y^2$  = Jumlah kwadrat dari jarak tiap-tiap tiang ke pusat kelompok tiang arah y

Dan untuk menganalisis kekuatan tiang pancang didapatkan dengan persamaan berikut ini :

$$\sigma = \frac{P}{A} < \sigma_{ijin} \quad \dots\dots (21)$$

Dengan :

$\sigma$  = Kekuatan tiang pancang

$P$  = beban maksimum yang diterima oleh satu tiang.

$A$  = luas penampang tiang ( $m^2$ )

$\sigma_{ijin}$  = mutu beton dalam satuan  $Kg/cm^2$ .

**2.4 Penurunan Tiang**

**2.4.1 Penurunan Tiang Tunggal**

Perhitungan penurunan fondasi tiang tunggal berdasarkan metode empiris dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \times L}{A_p \times E_p} \quad \dots\dots (22)$$

Dengan :

$S$  = Penurunan total di kepala tiang

$D$  = diameter tiang

$Q$  = beban yang bekerja

$A_p$  = luas penampang tiang

$L$  = panjang tiang

$E_p$  = modulus elastis tiang

**2.4.2 Penurunan Kelompok Tiang**

Rumus penurunan kelompok tiang adalah :

$$S_g = \frac{q \times B_g \times l}{2 \times q_c} \quad \dots\dots (23)$$

Nilai  $q$  didapatkan dari persamaan :

$$q = \frac{Q}{L_g \times B_g} \quad \dots\dots (24)$$

Dan untuk Faktor pengaruh didapatkan dengan persamaan :

$$I = \text{Faktor pengaruh} = 1 - \left( \frac{L}{8 \times B_g} \right) \geq 0,5 \quad \dots\dots (25)$$

Dengan :

$L_g$  dan  $B_g$  = Lebar poor tiang kelompok

$Q_c$  = kapasitas tanhanan ujung tiang.

**2.4.3 Penurunan Yang diijinkan**

Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu :  $S_{total} \leq S_{ijin}$ .

$$S_{ijin} < 15 \text{ cm} + \frac{b}{600} \quad \dots\dots (26)$$

Dengan :

$b$  = diameter tiang (cm).

**3. METODOLOGI**

**3.1 Lokasi Penelitian**

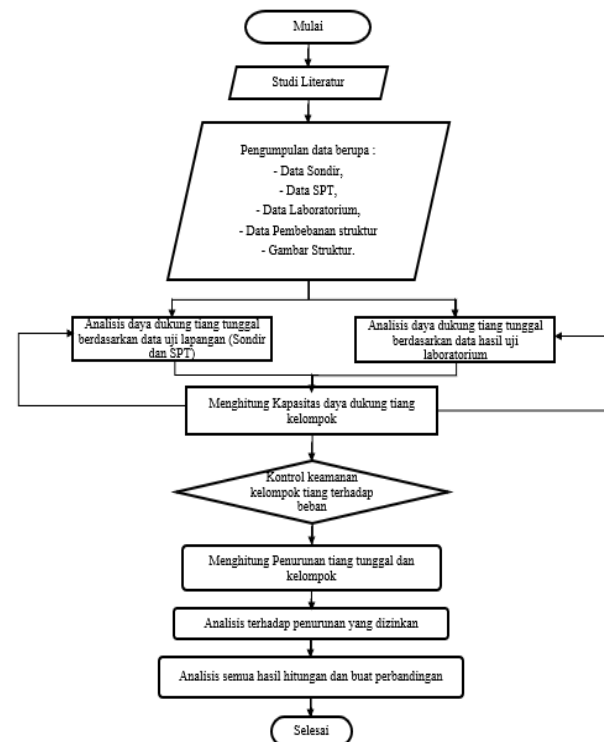
Penelitian dilakukan pada gedung *Regional Traffic Management Centre (RTMC)* Polda Maluku, Kota Ambon yang terletak pada Jl. Sultan Hasanudin, Pandan Kasturi.

**3.2 Jenis Data**

Jenis data yang digunakan adalah data sekkunder meliputi data hasil uji sondir dan Standard Penetration test (SPT), data hasil uji laboratorium hasil pemeriksaan tanah, gambar struktur fondasi gedung *Regional Traffic Management Centre (RTMC)* Polda Maluku dan data pembebanan struktur.

**3.3. Diagram Alir Penelitian**

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1. Diagram alir penelitian**

Sumber: Penulis, 2023

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang.

4.1.1 Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal

a. Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data CPT.

Kapasitas Dukung Ujung tiang

$$Q_b = q_c \times A_p$$

$$Q_b = 232.000 \text{ kg}$$

Kapasitas dukung selimut tiang

$$Q_s = JHL \times K_t$$

$$Q_s = 73.600 \text{ kg}$$

Kapasitas Dukung *Ultimate* tiang

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$Q_u = 305.600 \text{ kg} = 305,6 \text{ ton}$$

Kapasitas dukung ijin tiang tunggal

$$Q_a = \frac{Q_u}{F}$$

$$Q_a = 101,87 \text{ ton}$$

b. Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data SPT

Nilai  $N_{spt} = 60$   
 Jenis tanah = Non kohesif

Maka kapasitas daya dukung ujung tiang ( $Q_b$ ) sebagai berikut :

$$Q_b = 40 \times N - SPT \times A_p$$

$$Q_b = 384 \text{ ton}$$

Dengan menggunakan persamaan 5 didapatkan kapasitas dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) sebagai berikut:

$$Q_s = 0,2 \times N - SPT \times K_t \times L_i$$

$$Q_s = 211,2 \text{ ton}$$

Maka kapasitas daya dukung *ultimate* tiang pancang tunggal :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = 595,2 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung ijin tiang ( $Q_a$ ) sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_u}{F}$$

$$Q_a = 198,4 \text{ ton}$$

c. Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data Laboratorium.

Kapasitas daya dukung ujung ( $Q_b$ )

$$Q_b = A_p \times \sigma' (N_q^* - 1)$$

$$Q_b = 99,97 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung selimut tiang dapat dihitung dengan persamaan 14 sebagai berikut :

$$Q_s = F_i \times L_i \times p$$

$$Q_s = 50,91 \text{ ton}$$

Maka daya dukung *ultimate* tiang pancang tunggal :

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$Q_u = 150,88 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung ijin tiang :

$$Q_a = \frac{Q_u}{F}$$

$$Q_a = 50,293 \text{ ton}$$

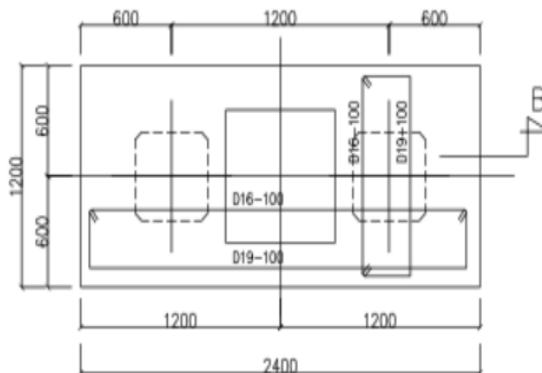
4.1.2 Menganalisis Jarak Tiang

Secara praktis jarak antar tiang dalam grup minimal adalah 2,5D (diameter tiang). Biasanya jarak antara 2 tiang dalam kelompok diisyaratkan minimum 0,60 m dan maximum 2,00 m.

Jika jarak minimal antar tiang =  $2,5 \times 0,4 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$

4.1.3 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

a. Menghitung Efisiensi dan Kapasitas Dukung Kelompok Tiang Fondasi tipe 2 tiang



Gambar 2. Denah Pile Cap Dengan 2 Tiang (Tipe 1)  
 Sumber : Penulis, 2023

Berdasarkan  $Q_a$  hasil data sondir

$$Q_g = E_g \times n \times Q_a$$

$$Q_g = 184,79 \text{ ton}$$

Berdasarkan  $Q_a$  hasil data SPT

$$Q_g = E_g \times n \times Q_a$$

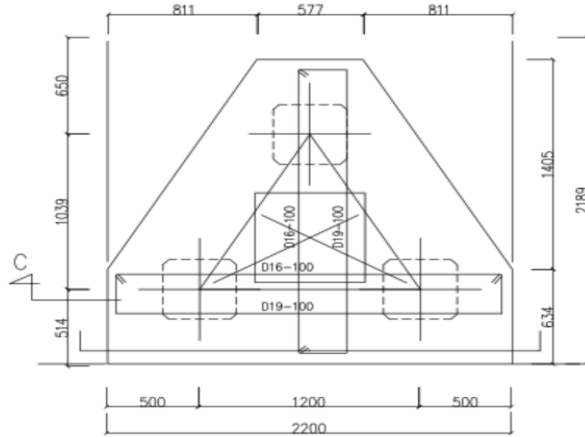
$$Q_g = 359,898 \text{ ton}$$

Berdasarkan  $Q_a$  hasil data Laboratorium

$$Q_g = E_g \times n \times Q_a$$

$$Q_g = 91,23 \text{ ton}$$

**b. Menghitung Efisiensi dan Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Fondasi tipe 3 tiang**



**Gambar 3. Denah Pile Cap Dengan 3 Tiang (Tipe 2)**

Sumber : Penulis, 2023

Kapasitas Berdasarkan  $Q_a$  hasil data sondir

$$Q_g = E_g \times n \times Q_a$$

$$Q_g = 1 \times 3 \times 101,867 \text{ ton}$$

$$Q_g = 305,601 \text{ ton}$$

Berdasarkan  $Q_a$  hasil data SPT

$$Q_g = 595,2 \text{ ton}$$

Berdasarkan  $Q_a$  hasil data Laboratorium

$$Q_g = 150,88 \text{ ton}$$

**4.1.4 Analisis Distribusi Beban dan kekuatan Tiang Pancang.**

Setelah dilakukan analisis beban sebelumnya diambil gaya yang paling besar pada kolom dasar yang digunakan sebagai beban untuk analisis beban pada tiang pancang., Hasil *output* dari program *SAP2000* dan diperoleh gaya – gaya dalam akibat kombinasi beban pada *frame* yaitu :

Beban aksial (P) = 81,87 Ton  
 Momen arah x (Mx) = 1,533 Ton.m  
 Momen arah y (My) = 1,240 Ton.m

a. Perhitungan beban yang diterima oleh setiap tiang (P) pada kelompok tiang pancang tipe 2 tiang dengan diameter 0,4 m dan jumlah tiang 2 buah Maka beban yang diterima oleh setiap tiang adalah :

$$P1 = \frac{\sum p}{n} + \frac{M_y \times X_i}{\sum X^2} + \frac{M_x \times Y_i}{\sum Y^2}$$

$$P1 = 49,34 \text{ ton/m}$$

$$P2 = 47,53 \text{ ton/m}$$

Maka beban maksimum yang dapat diterima oleh satu tiang adalah nilai P yang paling besar yaitu nilai  $P1 = 49,34 \text{ ton/m}$

b. Perhitungan beban yang diterima oleh setiap tiang (P) pada kelompok tiang pancang tipe PC 3 dengan diameter 0,4 m dan jumlah tiang 3 buah adalah sebagai berikut:

Beban yang diterima oleh setiap tiang adalah :

$$P1 = \frac{\sum p}{n} + \frac{M_y \times X_i}{\sum X^2} + \frac{M_x \times Y_i}{\sum Y^2}$$

$$P1 = 38,57 \text{ ton/m}$$

$$P2 = 31,39 \text{ ton/m}$$

Maka beban maksimum yang dapat diterima oleh satu tiang adalah nilai P yang paling besar yaitu nilai  $P1 = 38,57 \text{ ton/m}$ .

**4.1.5 Analisis Penurunan Tiang Tunggal dan Kelompok**

**a. Menghitung penurunan tiang tunggal**

Penurunan tiang tunggal untuk kelompok tiang 2 buah (S) adalah:  $S = 0,0062 \text{ m}$   
 Dan penurunan tiang tunggal untuk kelompok tiang 3 buah (S) adalah:  $S = 0,0063 \text{ m}$ .

**b. Menghitung penurunan grup**

Maka untuk fondasi dengan 2 tiang atau tipe PC 2 Diketahui :  
 $S = 0,0062 \text{ m}$   
 $B_g = 2,4 \text{ m}$

Maka penurunan grup :

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

$$S_g = 0,0062 \text{ m} \sqrt{\frac{2,4 \text{ m}}{0,4 \text{ m}}}$$

$$S_g = 0,015 \text{ m}$$

Untuk fondasi tipe PC 3 Diketahui :

$$S = 0,0063 \text{ m}$$

$$B_g = 2,4 \text{ m}$$

Maka penurunan grup :

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

$$S_g = 0,0063 \text{ m} \sqrt{\frac{2,4 \text{ m}}{0,4 \text{ m}}}$$

$$S_g = 0,0156 \text{ m}$$

**c. Kontrol terhadap penurunan yang diizinkan**

Berdasarkan SNI 8460:2017 yaitu penurunan izin < 15 cm + b/600 (b adalah diameter tiang dalam satuan cm), oleh karena itu syarat penurunan yang aman adalah :  $S_{total} \leq S_{ijin}$ .

$$S_{ijin} < 15 \text{ cm} + \frac{b}{600}$$

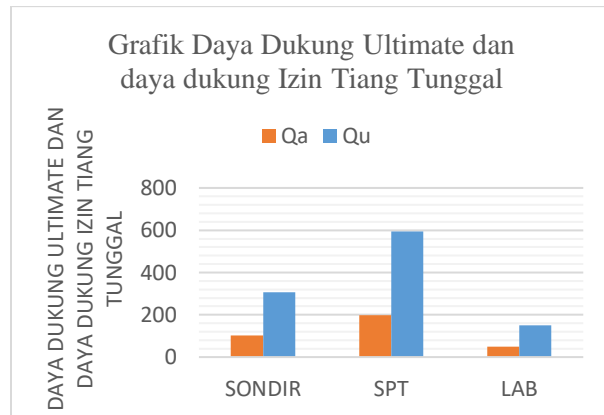
$$S_{ijin} < 15 \text{ cm} + \frac{40 \text{ cm}}{600}$$

$$S_{ijin} < 15,06 \text{ cm}$$

$$S_{ijin} < 0,15 \text{ m}$$

**4.2 Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data Sondir, SPT dan Hasil Uji Laboratorium**

Berdasarkan hasil analisis diatas data Sondir memiliki daya dukung ultimit ( $Q_u$ ) tiang tunggal sebesar 305,6 ton dan daya dukung izinnnya sebesar 101,867 ton, sedangkan data SPT memiliki daya dukung ultimute tiang tunggal sebesar 595,2 ton dan daya dukung izinya sebesar 198,4 ton, serta data laboratorium memiliki daya dukung ultimute tiang tunggal sebesar 150,88 ton dan daya dukung izinnnya sebesar 50,2924 ton seperti diperlihatkan pada gambar 4.



**Gambar 4. Grafik Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Dan Kapasitas Daya Dukung Izin Tiang Tunggal (Sumber: Penulis, 2023)**

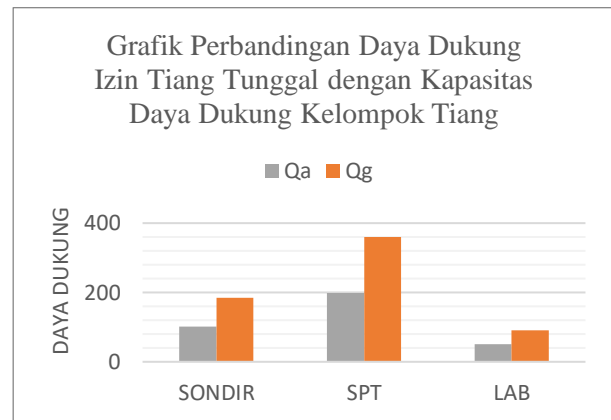
Maka berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai daya dukung serta daya dukung izin tiang tunggal yang terbesar adalah berdasarkan data SPT dan yang terkecil adalah berdasarkan data Laboratorium.

**4.3 Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok Berdasarkan Data Sondir, SPT dan Hasil Uji Laboratorium**

**4.3.1 Kelompok Tiang Tipe 1**

Hasil analisis kapasitas dukung kelompok ( $Q_g$ ) tiang pancang dengan formasi tiang tipe 1 dapat dilihat pada

gambar 5 dengan hasil dari data sondir sebesar 184,786 ton, data SPT sebesar 359,898 ton, dan data laboratorium sebesar 91,2304 ton.

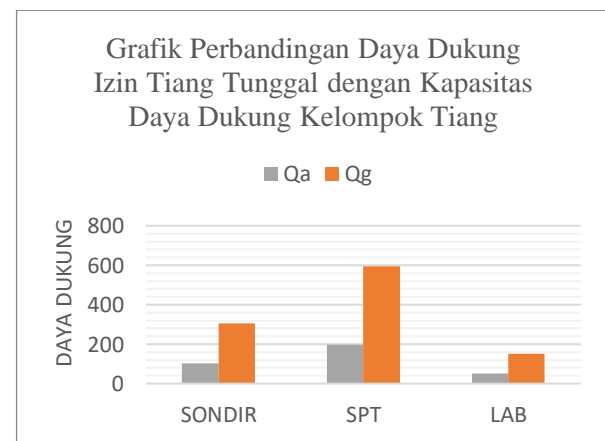


**Gambar 5. Grafik Perbandingan Daya Dukung Izin Tiang Tunggal Dengan Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Tipe 1 (Sumber: Penulis, 2023)**

Dengan begitu dinyatakan bahwa dayang dukung kelompok tiang terbesar adalah data SPT yaitu 359,898 ton dan yang terkecil adalah data laboratorium yaitu 91,2304 ton.

**4.3.2 Kelompok Tiang Tipe 2**

Hasil analisis kapasitas dukung kelompok ( $Q_g$ ) tiang pancang dengan formasi tiang tipe 2 diperoleh hasil dari data Sondir sebesar 305,6 ton, data SPT sebesar 595,2 ton, dan data Laboratorium sebesar 105,877 ton seperti yang terlihat pada gambar 6.



**Gambar 6. Grafik Perbandingan Daya Dukung Izin Tiang Tunggal Dengan Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Tipe 2 (Sumber: Penulis, 2023)**

Dengan begitu dinyatakan bahwa dayang dukung kelompok tiang terbesar adalah data SPT yaitu 595,2 ton dan yang terkecil adalah data Laboratorium yaitu 105,877 ton.

**4.4 Analisis Penurunan Pondasi Tiang Pancang**

Rekapitulasi analisis penurunan tiang pancang tunggal dan kelompok tiang dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Rekapitulasi Analisis Penurunan Tiang Pancang Tunggal dan Kelompok**

Jumlah Tiang	S (m)	Sg (m)	Sijin (m)	Ket.
2	0,0062	0,015	0,15	Aman
3	0,0063	0,016	0,15	Aman

Sumber: Penulis, 2023

Berdasarkan tabel 1 diatas hasil analisis penurunan mendapatkan hasil fondasi dengan jumlah 2 buah tiang mendapatkan hasil penurunan yang lebih kecil dibanding dengan yang 3 buah tiang dengan hasil selisih yang cukup kecil, maka dapat dilihat bahwa semakin banyak tiang dalam 1 kelompok tiang maka kemungkinan penurunannya juga akan semakin besar. Berdasarkan perhitungan penurunan diatas juga menunjukkan bahwa penurunan memenuhi syarat yaitu lebih kecil dari pada penurunan yang diizinkan sebesar 0,15 m, sehingga pondasi aman digunakan.

**5. PENUTUP**

**5.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan kapasitas daya dukung *ultimate* diperoleh nilai daya dukung *ultimate* tiang pancang tunggal dari data sondir sebesar 305,6 ton, dan data SPT sebesar 595,2 serta data laboratorium sebesar 150,88 ton. Menunjukkan hasil daya dukung paling besar adalah hasil daya dukung berdasarkan data SPT, dan yang paling kecil adalah hasil daya dukung berdasarkan hasil data laboratorium.
2. Hasil perhitungan penurunan fondasi tiang pancang dengan jumlah tiang 2 buah tiang menunjukkan hasil penurunan tunggal sebesar 0,0062 m dan penurunan kelompok tiang sebesar 0,015 m serta hasil penurunnan fondasi tiang pancang dengan jumlah 3 buah tiang menunjukkan hasil penurunan tunggal sebesar 0,0063 m dan penurunan kelompok sebesar 0,015 m. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan fondasi 2 tiang maupun 3 tiang lebih kecil dari pada penurunan yang dizinkan yaitu sebesar 0,15 m sehingga penurunan dinyatakan aman.

Dari hasil perhitungan daya dukung dan penurunan fondasi tiang serta analisis kekuatan tiang pancang dapat dinyatakan bahwa fondasi tiang pancang dengan diameter 0,4 dan panjang tiang 12 m dengan

jumlah tiang 2 ataupun 3 tiang aman digunakan untuk gedung RTMC Polda Maluku.

**5.2. Saran**

Untuk menyempurnakan penelitian ini agar kedepannya mendapatkan hasil yang lebih optimal maka peneliti menyarankan untuk :

1. Melakukan analisis kapasitas daya dukung tiang pancang menggunakan metode lainnya seperti Tomlinson, Poulus and David agar mendapatkan validasi kapasitas dukung dengan metode yang berbeda.
2. Melakukan hasil perbandingan analisis kapasitas dukung dengan menggunakan program geoteknik lainnya seperti, GEO5 atau Soil Vision.
3. Melakukan analisis perbandingan biaya.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adma, N. A. A., Ahmad, F., & Phelia, A. (2020). *Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Pada Pembangunan Jetty*. Jurnal Teknik Sipil, 1(1), 7-14.

Anonim, (2022) a, *Laporan Hasil Analisis Struktur Pembangunan Gedung RTMC Polda Maluku, 2022*. Maluku.

Anonim, (2022) b, *Laporan Hasil Soil Test dengan Alat Sondir untuk Perencanaan Pembangunan Gedung RTMC Polda Maluku, 2022*.

Anonim, (2022) d, *Laporan Hasil Penyelidikan Tanah untuk Perencanaan Pembangunan Gedung RTMC Polda Maluku, 2022*. Laboratorium Geoteknik Seaken Kota Bandung, Jawa Barat.

Bowles, J. E. (1991). *Analisa dan desain pondasi, edisi keempat jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Das, Braja M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, 1–291.

Frick, H. Pujo. L Setiawan. (2001). *Ilmu konstruksi struktur bangunan*, Yogyakarta, Penerbit Kanisius.

Gunawan, I. R. (1983). *Pengantar Teknik Fondasi*. Kanisius.

Hardiyatmo, H. C. (2014). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, Hary Christady. (2022). *Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi ke-4*. Gadjah Mada University Press.

Harjo, Kariadi (2021). *Analisis Daya Dukung Aksial & Horizontal Fondasi Tiang Pancang Pada Struktur Shear Wall Rumah Susun Unimed Medan, 2021*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Irwan, I., & Nurmaidah, N. (2019). *Analisa Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang*



- Pancang Overpass Sei Semayang Sta. 0+ 350 Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Medan-Binjai*. Journal Of Civil Engineering Building and Transportation, 3(1), 40-48.
- Nakazawa, K. (1983). *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*. Terjemahan Pt. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Purwanto, S. S. (2012). *Konstruksi Pondasi Sarang Laba-Laba Atas Tanah Daya Dukung Rendah Bangunan Bertingkat Tanggung*. Jurnal Teknik Sipil, 12(1), 51-60.
- Rahardjo, Paulus P. (2000). *Manual Pondasi Tiang*. Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, Universitas Khatolik Parahyangan.
- Riswiyanto, Anggun. (2019). *Studi Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Dat Sondir Dan Data Kalendering Pada Bangunan Gedung Asrama BLK Procinsi Kalimantan Timur, 2019*. Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Santoso, H. T., & Hartono, J. (2020). *Analisis perbandingan daya dukung pondasi tiang pancang berdasar hasil uji SPT dan pengujian dinamis*. Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret, 4(1), 31-38.
- Sardjono, H. S. (1988). *Pondasi tiang pancang jilid 1*. Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- Shouman, M. (2010). *Buku ajar rekayasa Fondasi II*. Politeknik Negeri Bandung.
- SNI 2847-2019 (2019) *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Satandar Nasional Indonesia.
- SNI 8460-2017 (2017) *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Standar Nasional Indonesia.
- Sulistia, Ayu. Dkk. (2019). *Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Tiang Pancang Dengan Metode Meyerhoff (Studi kasus : Proyek Pembangunan Jembatan Panda, Desa Panda Bima (Ruas jalan Talabiu - Bima Kabupaten), 2019*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Vesic, A. S. (1977). "Design of pile foundations". *NCHRP synthesis of highway practice*.