

# Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang *Mini Pile (Square Pile)* Sebagai Alternatif Perkuatan Pondasi Pada Proyek Pembangunan SMPN 9 Kota Kediri

## *Re-planning of Mini Pile (Square Pile) Foundation as an Alternative to Foundation Reinforcement in the Construction Project of SMPN 9 Kediri City*

Andri Dwi Laksono<sup>1</sup>, Laily Endah Fatmawati<sup>2</sup>, Herry Widhiarto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.

Corresponding Author: Andri Dwi Laksono, andridwilaks9@gmail.com

### ABSTRAK

Bangunan SMPN 9 Kota Kediri merupakan sebuah sekolah negeri yang berlokasi di Kecamatan Pesantren, Kota Kediri, Jawa Timur. Pembangunan Gedung SMPN 9 Kota Kediri direncanakan menggunakan tiang pancang *spun pile*  $\varnothing$  0,30 m panjang 5 m. Namun pada saat akan pelaksanaan pembangunan jenis pondasi *spunpile*  $\varnothing$  0,30 m panjang 5 m sulit didapatkan atau tidak *ready stock*. Pondasi *bored pile* diameter 0,40 m pada kondisi *existing*. Perlu adanya analisis lebih lanjut terkait perencanaan ulang pondasi *mini pile* yaitu pondasi yang umum dan sering digunakan pada proyek dan menggunakan metode yang berbeda yaitu metode *Mayerhoff* dan *Aoki & De Alencar*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai kapasitas dukung pondasi tiang pancang *mini pile* desain dan pondasi tiang *existing (bored pile)* serta penurunannya. Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan didapatkan kapasitas dukung ultimit (*Qult*) *mini pile* dimensi 0,30 x 0,30 m metode *Mayerhoff*, sebesar 138,544 Ton, dan metode *Aoki & De Alencar* dimensi 0,30 x 0,30 m, sebesar 83,657 Ton serta kapasitas dukung ultimit (*Qult*) pada tiang *existing (bored pile)* diameter 0,40 m sebesar 182,537 Ton. Dari analisis *mini pile* 0,30x0,30 m dengan metode *Mayerhoff* yang digunakan sebagai alternatif. Penurunan tiang tunggal yang terjadi sebesar 0,0053 m, penurunan kelompok sebesar 0,012 m, penurunan rencana masih aman dari penurunan yang diizinkan.

*Kata kunci: Pondasi tiang, Kapasitas dukung, Penurunan.*

### ABSTRACT

*SMPN 9 Kediri City Building is a public school located in Pesantren District, Kediri City, East Java. The construction of SMPN 9 Kediri City Building is planned to use spun pile  $\varnothing$  0.30 m long 5 m piles. However, at the time of construction, the type of spunpile foundation  $\varnothing$  0.30 m long 5 m is difficult to obtain or not ready stock. Bored pile foundation diameter 0.40 m in existing conditions. Further analysis is needed regarding the re-planning of mini pile foundations, which are common foundations and are often used in projects and use different methods, namely the Mayerhoff and Aoki & De Alencar methods. This research aims to analyse the bearing capacity value of the design mini pile foundation and the existing pile foundation (bored pile) and its reduction. Based on the results of analysis and calculation, the ultimate bearing capacity (*Qult*) of the mini pile dimension 0.30 x 0.30 m Mayerhoff method, amounting to 138.544 Tonnes, and the Aoki & De Alencar method dimension 0.30 x 0.30 m, amounting to 83.657 Tonnes and the ultimate bearing capacity (*Qult*) on the existing pile (bored pile) diameter 0.40 m amounting to 182.537 Tonnes. From the analysis of mini pile 0.30x0.30 m with Mayerhoff method used as an alternative. The decrease in single pile that occurs is 0.0053 m, the decrease in the group is 0.012 m, the decrease in the plan is still safe from the permitted decrease..*

*Keywords: Pile foundation, Bearing capacity, Settlement.*

### PENDAHULUAN

Bangunan SMPN 9 Kota Kediri merupakan sebuah sekolah negeri yang berkedudukan di Kecamatan Pesantren, Kota Kediri, Jawa Timur. Banyaknya lulusan SD kurang lebih 1300 pelajar yang berada di Kecamatan Pesantren menjadi alasan dibangunnya SMPN 9 untuk

menampungnya. Gedung yang kuat tidak terlepas dari struktur pondasi yang kuat (Novianto, 2013) maka dari itu perlu analisis untuk mengetahui seberapa kuat pondasi tersebut dapat menahan beban di atasnya. Pondasi adalah bagian dari struktur bangunan yang letaknya pada bagian bawah tanah yang berperan meneruskan beban bangunan dari struktur konstruksi atas ke dalam lapisan tanahkeras atau pendukung (Mina et al., 2018).

Adapun jenis pondasi yang direncanakan pada Pembangunan SMPN 9 Kota Kediri adalah jenis pondasi dalam yaitu tiang pancang *spunpile*  $\varnothing$  30 panjang 5 m. Namun pada saat akan pelaksanaan pembangunan jenis pondasi *spunpile*  $\varnothing$  0,3 m panjang 5 m sulit didapatkan di pasaran atau tidak *ready stock* pada pabrikan pondasi precast. Jika tetap memakai pondasi sesuai dengan perencanaan awal, pelaksana pembangunan harus memesan terlebih dahulu dan akan membutuhkan waktu kurang lebih 2 bulan, sehingga akan mempengaruhi progres proyek yang sudah berjalan. Untuk kondisi *existing* pada proyek dilaksanakan dengan menggunakan pondasi *bored pile* diameter 0,40 m.

Berdasarkan latar belakang di atas maka perlunya analisis terkait desain alternatif dengan bentuk dan ukuran yang berbeda yaitu pondasi *mini pile* dengan daya dukung yang dapat menahan beban dan menjadikan bangunan tersebut aman. Untuk memperoleh daya dukung atau hasil yang akurat maka diperlukanlah suatu penyelidikan tanah yang lengkap (Abdullah, 2022). Dalam penelitian ini, metode perhitungan statis *Meyerhoff* dan *Aoki De Alancer* yang digunakan serta data sondir yang dijadikan sebagai acuan perhitungan. Adapun untuk analisis *joint reactions* menggunakan aplikasi SAP2000 v22.

## METODE PENELITIAN

### PENGUMPULAN DATA

Untuk dapat menyelesaikan penelitian ini perlu dilakukan pengumpulan data, agar dapat menyelesaikan permasalahan yang ada dan didapatkan hasil yang sesuai. Dalam metode penelitian ini memakai data-data dari beberapa sumber buku yang sesuai dengan penelitian ini, semasa pembelajaran saat kuliah dan data yang ada dilapangan. Untuk pengumpulan data diperlukan agar penelitian ini selesai dan tepat sesuai yang diinginkan . Pada penelitian ini data sekunder yang digunakan.

### Data Sekunder

Data sekunder merupakan sebuah data yang didapatkan dari analisis dan interpretasi data primer atau historis, pengumpulan data biasanya dilakukan secara tidak langsung ke sumbernya sehingga bentuk informasinya sudah terjadi pengolahan data. Data sekunder penelitian ini akan menggunakan tiga jenis data di lapangan, yaitu data uji sondir, gambar rencana dan data struktur. Untuk data sondir di titik 1 didapatkan tanah kerasnya terletak pada kedalaman 5 m sehingga untuk rencana kedalaman tiang pancang *minipile* yaitu 5 m. Dari data gambar rencana dan data struktur yang diperoleh akan dilakukan analisis *joint reaction* menggunakan aplikasi SAP 2000 V22 (Patah, 2022).

### ALUR PENELITIAN

Dalam melakukan sebuah studi atau penelitian, dibutuhkan diagram alir agar mempermudah dalam penyelesaiannya dari pengolahan data sampai hasil yang akan diperoleh bisa dilihat pada Gambar 1. Data yang sudah diperoleh dipakai untuk menganalisis daya dukung dan penurunnya dengan metode statis. Metode statis yaitu perhitungan berdasarkan data yang di dapatkan dari hasil tes tanah langsung di lokasi yaitu uji sondir dan hasilnya nantinya

digunakan untuk mengetahui kapasitas dukung pondasi (Tunafiah, 2017). Perhitungan statis menggunakan persamaan metode *Mayerhoff* (Khairi et al., 2021) dan *Aoki & De Alencar* (Akbar, 2022).

### Metode *Mayerhoff*

Daya dukung tiang pancang/ultimit dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K) \quad (1)$$

Daya dukung izin pondasi dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$Q_{izin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5} \quad (2)$$

$Q_{ult}$  = kapasitas daya dukung ultimit tiang tunggal;  $q_c$  = tahanan ujung sondir ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ );  $A_p$  = luas penampang tiang;  $JHL$  = jumlah hambatan Lekat;  $K$  = keliling tiang .

### Metode *Aoki & De Alencar*

Daya dukung tiang pancang/ultimitdihitung menggunakan Persamaan 3.

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s = q_b \cdot A_p + f \cdot A_s \quad (3)$$

$Q_{ult}$  = kapasitas daya dukung ultimit;  $Q_b$  = kapasitas tahanan ujung tiang, yang dihitung menggunakan Persamaan 4;  $Q_s$  = kapasitas tahan kulit tiang;  $q_b$  = kapasitas dukung ujung persatuan luas.

$$q_b = \frac{q_c \text{ base}}{f_b} \quad (4)$$

$q_c \text{ base}$  = perlawanan konus dihitung rata-rata  $1.5D$  diatas ujung tiang,  $1.5D$  dibawah ujung tiang ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ );  $f_b$  = faktor empirik tahanan ujung yang bergantung pada tipe tiang;  $A_p$  = luas penampang tiang;  $f$  = Tahanan kulit persatuan luas dihitung menggunakan Persamaan 5.

$$f = q_c \text{ side} \cdot \frac{a_s}{f_s} \quad (5)$$

$A_s$  = luas kulit tiang pancang;  $q_c \text{ side}$  = perlawanan konus rata-rata pada lapisan tiang yang tertanam;  $a_s$  = luas kulit tiang pancang.

Daya dukung izin pondasi dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{SF} - W_p \quad (6)$$

$Q_{ijin}$  = daya dukung ijin tiang;  $SF$  = *safety factor* (3);  $W_p$  = berat tiang.

### Persamaan untuk mencari jumlah tiang, efisiensi , dan penurunan tiang pancang

Jumlah tiang yang dibutuhkan dihitung menggunakan Persamaan 7.

$$n = \frac{P}{Q_{ijin}} \quad (7)$$

$n$  = jumlah tiang;  $P$  = gaya aksial yang terjadi;  $Q_{ijin}$  = daya dukung ijin tiang.

Efisiensi Tiang Pancang dan Kapasitas Tiang Kelompok dihitung menggunakan Persamaan 8 dan 9.

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_{ijin} \quad (8)$$

$Q_g$  = beban maksimum kelompok tiang yang dapat mengakibatkan keruntuhan.;  $E_g$  = efisiensi kelompok tiang.  $n$  = total tiang dalam satu kelompok.;  $Q_{ijin}$  = beban maksimum untuk tiang tunggal.

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n'-1).m+(m-1).n'}{90.m.n'} \quad (9)$$

Eg = efisiensi tiang kelompok; m= jumlah baris yang ada pada tiang kelompok; n'=jumlah tiang dalam satu baris;  $\theta$  = arc tg d/s, dalam derajat; S = jarak antar ke pusat tiang; d = diameter ukuran tiang.

Pekiraan Penurunan Tiang Tunggal dihitung menggunakan Persamaan 10.

$$S = \frac{d}{100} + \frac{Q \cdot L}{Ap \cdot Ep} \quad (10)$$

S = penurunan total di kepala tiang; d = diameter tiang; Q = beban yang bekerja; Ap = luas penampang tiang; L = panjang tiang; Ep = modulus elastisitas tiang.

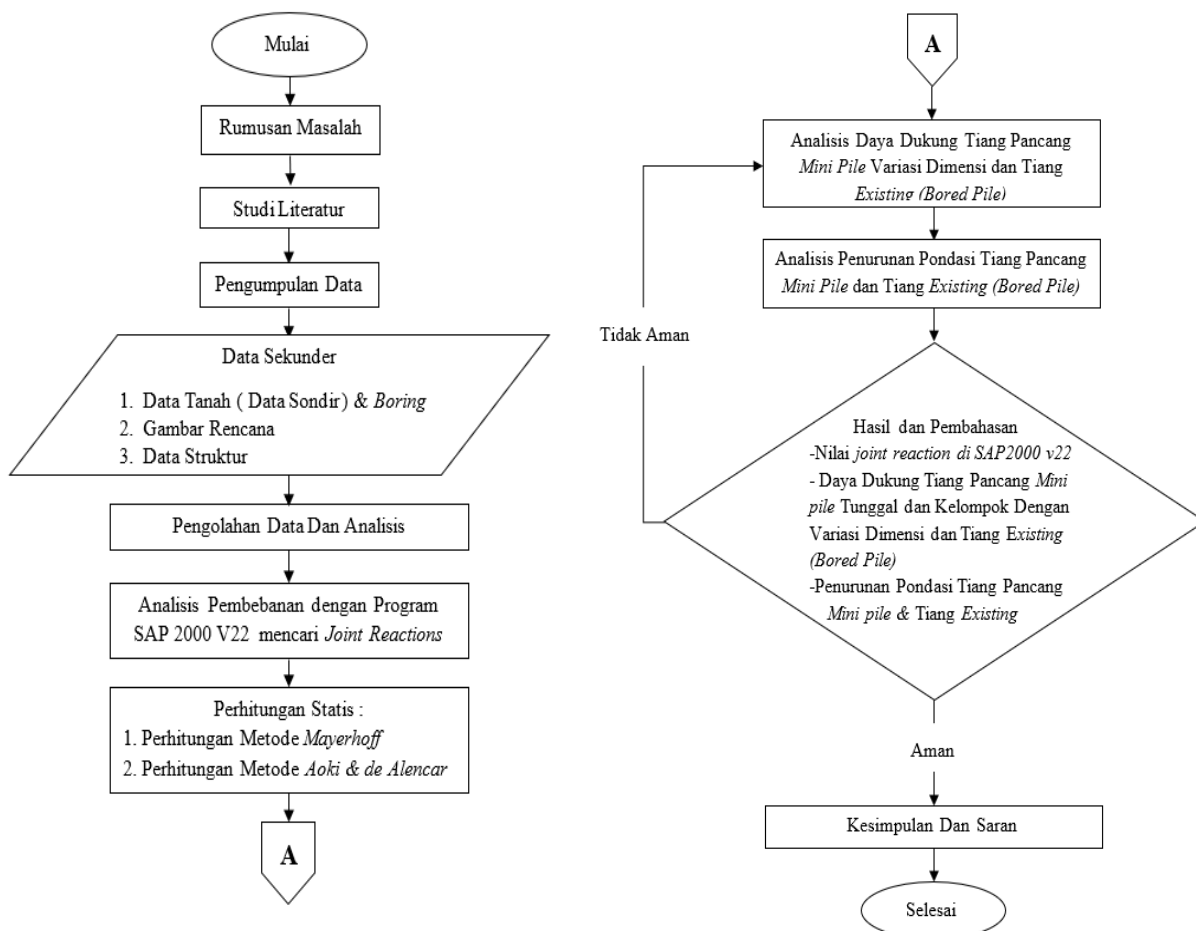
Perkiraan Penurunan Kelompok Tiang dihitung menggunakan Persamaan 11.

$$Sg = S \frac{\sqrt{Bg}}{D} \quad (11)$$

Sg = penurunan pondasi kelompok tiang; S = penurunan pondasi tiang tunggal; Bg = lebar kelompok tiang; D = diameter tiang (m).

Penurunan Yang Diijinkan dihitung menggunakan Persamaan 12.

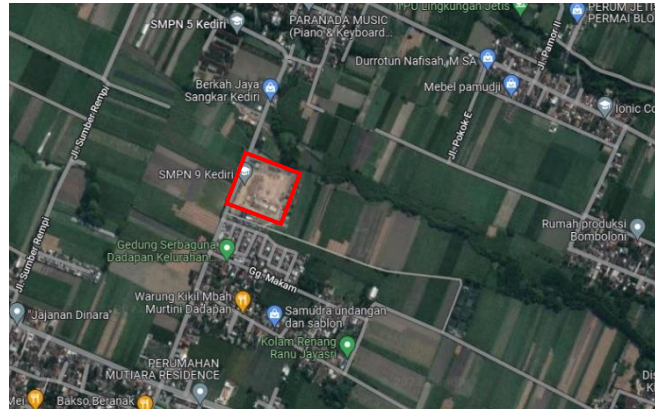
$$S \text{ izin} = 10 \% \cdot D \quad (12)$$



**Gambar 1.** Bagan Alir Penelitian.  
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

## LOKASI PENELITIAN

Dalam penelitian ini pada proyek pembangunan SMPN 9 Kota Kediri telah dilakukan studi kasus. Proyek ini berlokasi di Jl. Palang Merah, Kelurahan Tinalan, Kecamatan Pesantren, Kota Kediri, Jawa Timur. Proyek ini diselenggarakan oleh Pemerintah Kota Kediri Dinas Pendidikan dengan koordinat  $7^{\circ}50'51.2''S$   $112^{\circ}02'53.6''E$ . Lokasi yang menjadi studi bisa dilihat pada Gambar 2.



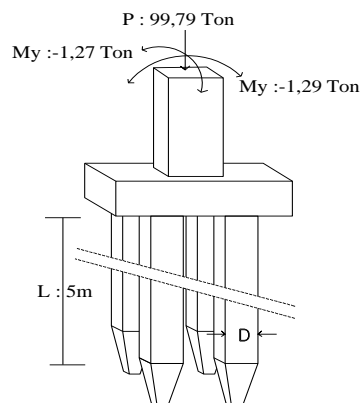
**Gambar 2.** Peta Lokasi Proyek.  
(Sumber : Google Maps, 2023)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### ANALISIS *JOINT REACTIONS*

Analisis struktur dilakukan dengan program SAP2000 v.22. Memasukkan beban gempa dilakukan dengan dua arah, yaitu pada arah *transversal* (sumbu x) dan pada arah *longitudinal* (sumbu y). Semakin tinggi lantai bangunan maka beban gempa yang terjadi juga semakin besar (Randang, 2016). Dari hasil output SAP2000 v22 didapat gaya-gaya dalam dan nilai maksimum akibat kombinasi beban 2 yaitu. Untuk beban yang bekerja pada pondasi desain bisa dilihat pada Gambar 3.

$$\begin{aligned} P \text{ (beban aksial)} &= 99,79 \text{ Ton/m}^2 \\ \text{momen arah x (Mx)} &= -1,29 \text{ Ton/m}^2 \\ \text{momen arah y (My)} &= -1,27 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$



**Gambar 3.** Isometri Desain Pondasi dengan Beban Yang Bekerja.  
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

## REKAPITULASI HASIL ANALISIS KAPASITAS DUKUNG TIANG PONDASI Perhitungan Metode Meyerhof dengan Data Sondir

Tiang pancang *mini pile* dengan ukuran dimensi 0,30 x 0,30 m

- a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

$$\begin{aligned} Q_b &= q_c \cdot A_p \\ &= 10513,82 \cdot 0,09 \\ &= 946,244 \text{ kN/m}^2 \\ &= 94,624 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

- b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$\begin{aligned} Q_s &= JHL \cdot K \\ &= 36600 \cdot 1,20 \\ &= 439,20 \text{ kN/m}^2 \\ &= 43,92 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

- c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang Tunggal

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K) \\ &= 94,624 + 43,92 \\ &= 138,544 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot K}{5} \\ &= \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{5} \\ &= \frac{94,624}{3} + \frac{43,92}{5} \\ &= 40,325 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

- e. Jumlah Tiang

$$\begin{aligned} n &= \frac{P}{Q_{ijin}} \\ &= \frac{99,79}{40,325} \\ &= 2,475 = 3 \text{ bh (} Q_g \text{ lebih kecil dari } P_u \text{) harus diperbanyak, Jadi :} \\ &= 2,475 = 4 \text{ buah (yang digunakan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tiang (S)} &= 3 \cdot D \\ &= 3 \cdot 0,30 \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

- f. Efisiensi Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'} \\ \text{Arc tan} &= 18,435 \\ &= 1 - 18,435 \cdot \frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \\ &= 0,795 \end{aligned}$$

- g. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$\begin{aligned} Q_g &= n \cdot Q_{ijin} \cdot E_g \\ &= 4 \cdot 40,325 \cdot 0,795 \\ &= 128,262 \text{ Ton/m}^2 > 99,79 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

AMAN

**Analisis Daya Dukung Tiang Bored Pile Existing Diameter 0,40 m**

- a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang

$$Q_b = q_c \cdot A_p$$

$$= 5000 \cdot 0,1257$$

$$= 628,57 \text{ kN/m}^2$$

$$= 62,857 \text{ Ton/m}^2$$

- b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang

$$Q_s = JHL \cdot K$$

$$= 47600 \cdot 2,514$$

$$= 1196,8 \text{ kN/m}^2$$

$$= 119,68 \text{ Ton/m}^2$$

- c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang Tunggal

$$Q_{ult} = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K)$$

$$= 62,857 + 119,68$$

$$= 182,54 \text{ Ton/m}^2$$

- d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot K}{5}$$

$$= \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

$$= \frac{62,857}{3} + \frac{119,68}{5}$$

$$= 44,888 \text{ Ton/m}^2$$

- e. Jumlah Tiang

$$n = \frac{P}{Q_{ijin}}$$

$$= \frac{99,79}{44,888}$$

$$= 2,223 = 3 \text{ bh (} Q_g \text{ lebih kecil dari } P_u \text{)}$$

= di proyek terpasang 4 bh untuk 1 kelompok pondasi

$$\text{Jarak antar tiang (S)} = 2,5 \cdot D$$

$$= 2,5 \cdot 0,4$$

$$= 1 \text{ m}$$

- f. Efisiensi Kelompok Tiang

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'}$$

Arc tan = 21,80

$$= 1 - 21,80 \cdot \frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{90 \cdot 2 \cdot 2}$$

$$= 0,757$$

- g. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

$$Q_g = n \cdot Q_{ijin} \cdot E_g$$

$$= 4 \cdot 44,888 \cdot 0,757$$

$$= 136,06 \text{ Ton/m}^2 > 99,79 \text{ Ton/m}^2$$

AMAN

### Perhitungan Metode Aoki & De Alencar & dengan Data Sondir

#### Tiang pancang *mini pile* dengan ukuran dimensi 0,30 x 0,30 m

$$F_b = 1,75 \text{ (faktor empirik ujung tiang)}$$

$$W_p = A_p \cdot \gamma \text{ beton bertulang} \cdot n \cdot L$$

$$= 0,09 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 5$$

$$= 1,08 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_1 = 1,5 \cdot D$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

$$= 5 - 0,375$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,55 \text{ m} \\
 P2 &= 1,5 \cdot D \\
 &= 0,45 \text{ m} \\
 &= 5 + 0,375 \\
 &= 5,45 \text{ m} \\
 qca &= (\text{diambil rata-rata perlawanan konus pada } 1,5 \text{ D bawah ujung tiang dan atas}) \\
 &= \frac{101,26111,71+119,34+123,99+123,99}{5} \\
 &= 116,058 \text{ kg/cm}^2 \\
 qb &= \frac{qca}{Fb} \\
 &= \frac{116,058}{1,75} \\
 &= 66,319 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 6631,886 \text{ kN/m}^2 \\
 Ap &= s \times s \\
 &= 0,30 \cdot 0,30 \\
 &= 0,09 \text{ m}^2 \\
 \text{a. Kapasitas Dukung Ujung Tiang} \\
 Qb &= qb \cdot Ap \\
 &= 6631,886 \cdot 0,09 \\
 &= 596,869 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 59,687 \text{ Ton/m}^2 \\
 \text{b. Kapasitas Dukung Selimut Tiang} \\
 Fs &= 2,5 \text{ (faktor empirik tahanan kulit tiang)} \\
 \alpha_s &= 3\% \text{ (faktor empirik tanah pasir berlempung)} \\
 qc &= (5,55+7,05+8,42+9,71+10,86+12,25+14,19+16,51+20,26+25,68+31,1+ \\
 &\quad 35,47+38,28+42,85+51,8+57,73+60,34+62,35+63,67+69,19+76,47+81,19+ \\
 &\quad 91,12+101,26+111,71+119,34+123,99)/27 \\
 &= 49,94 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= qc \text{ (side)} \frac{\alpha_s}{Fs} \\
 &= 49,94 \frac{0,03}{2,5} \\
 &= 0,3995 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 39,95 \text{ kN/m}^2 \\
 As &= K \cdot \Delta L \\
 &= 1,2 \cdot 5 \\
 &= 6 \text{ m}^2 \\
 Qs &= f \cdot As \\
 &= 39,95 \cdot 6 \\
 &= 239,705 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 23,971 \text{ Ton/m}^2 \\
 \text{c. Kapasitas Dukung Ultimit Tiang Tunggal} \\
 Qult &= Qb + Qs \\
 &= 59,687 + 23,971 \\
 &= 83,657 \text{ Ton/m}^2 \\
 \text{d. Kapasitas Dukung Ijin Tiang} \\
 Qijin &= \frac{Qu}{3} - Wp \\
 &= 27,885 - 1,08 \\
 &= 26,806 \text{ Ton/m}^2
 \end{aligned}$$

- e. Jumlah Tiang
- $$n = \frac{P}{Q_{ijin}} = \frac{99,79}{26,806} = 3,723 = 4 \text{ bh (} Q_g \text{ lebih kecil dari } P_u \text{) harus diperbanyak, Jadi :}$$
- $$= 3,723 = 5 \text{ buah (yang digunakan)}$$
- Jarak antar tiang (S) = 3.D
- $$= 3.0,3 = 0,9 \text{ m}$$
- f. Efisiensi Kelompok Tiang
- $$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m+(m-1)n'}{90mn'}$$
- Arc tan = 18,435
- $$= 1 - 18,435 \frac{(2-1).3+(3-1).2}{90.3.2} = 0,761$$
- g. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang
- $$Q_g = n \cdot Q_{ijin} \cdot E_g = 5 \cdot 26,806 \cdot 0,761 = 101,999 \text{ Ton/m}^2 > 99,79 \text{ Ton/m}^2$$
- AMAN

### REKAPITULASI HASIL ANALISIS KAPASITAS DUKUNG TIANG PONDASI

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan didapatkan nilai kapasitas dukung pondasi, penurunan pondasi, dan hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rekapitulasi Analisis Kapasitas Dukung Tiang Pondasi

Dimensi (m)	Bore Pile Diameter 0,40 m	Tiang Pancang Mini Pile	
		Mayerhoff 0,3 x 0,3 m	Aoki & De Alencar 0,3 x 0,3 m
Q <sub>b</sub> (Ton)	62,857	94,624	59,687
Q <sub>s</sub> (Ton)	119,680	43,920	23,970
Q <sub>ult</sub> (Ton)	182,537	138,544	83,657
n Tiang (bh)	4	4	5
Q <sub>ijin</sub>	44,888	40,325	26,806
Q <sub>g</sub>	136,059	128,262	102,000
Cek	Aman	Aman	Aman

Sumber: Hasil Analisis, (2023)

Dengan hasil perbandingan yang telah diperoleh pada *mini pile* 0,30 x 0,30 m dan *bored pile existing* diameter 0,40 m, diambil alternatif pondasi tiang pancang *mini pile* dimensi 0,30 x 0,30 m dengan metode *Meyerhoff* yaitu jumlah 4 tiang pondasi pada 1 tiang kelompok. Desain pondasi tersebut dijadikan alternatif karena dengan memperoleh jumlah tiang yang sedikit akan tetapi tetap aman untuk dijadikan desain alternatif pondasi dan pondasi dianggap aman apabila hasil daya dukung kelompok tiang (Q<sub>g</sub>) nilainya lebih besar dari beban (P<sub>u</sub>) yang ditopang atau ditahan pondasi (Dirgananta, 2018).

## REKAPITULASI HASIL ANALISIS PENURUNAN TIANG PONDASI

Penurunan pondasi tiang tergantung pada nilai beban kerja dan juga dipengaruhi oleh diameter tiang, jumlah tiang, pembentukan kelompok tiang, jenis material tiang dan jenis material tanah (Muthmainnah, 2021). Penurunan terjadi pada tanah berbutir kasar dan halus kering atau tidak jenuh, terjadi segera setelah pembebanan bekerja, penurunan konsolidasi terjadi pada tanah berbutir halus di bawah permukaan air tanah, penurunan terjadi dalam waktu yang lama tergantung pada kondisi tanah tersebut (Fatmawati & Utomo, 2019). Penurunan tiang tunggal biasanya lebih kecil daripada penurunan tiang kelompok. Ini karena pengaruh tegangan pada area jangkauan yang lebih luas dan lebih dalam. Berikut rekapitulasi hasil analisis penurunan pondasi tiang pada Tabel 2.

**Tabel 2** Rekapitulasi Analisis Penurunan Tiang Pondasi Tunggal dan Kelompok

Dimensi	Penurunan Tiang Tunggal (m)		Penurunan Tiang Kelompok (m)	
	Mayerhoff 0,3 x 0,3 m	Aoki & De Alencar 0,3 x 0,3 m	Mayerhoff 0,3 x 0,3 m	Aoki & De Alencar 0,3 x 0,3 m
Mini Pile 0,30 x 0,30 m desain	0,0053	0,0053	0,0118	0,0151
Bored Pile 0,40 m Existing		0,0057		0,0120

Sumber: Hasil Analisis, (2023)

Hasil analisa yang telah dilakukan untuk penurunan pondasi tiang alternatif masih aman dari penurunan yang diijinkan yaitu sebesar 0,03 m, sehingga masih aman untuk digunakan. Untuk penurunan *bored pile existing* juga masih aman dari penurunan yang diijinkan yaitu 0,04 m.

## PERHITUNGAN DESAIN PONDASI ALTERNATIF YANG DIGUNAKAN

### Analisis Distribusi Beban ke Tiap Tiang Pancang

Dari analisis tiang kelompok digunakan *mini pile* dimensi 0,30 x 0,30 m metode *Mayerhoff* dengan jumlah 4 tiang dalam satu tiang kelompok, beban yang diterima tiap tiang ( $P_i$ ) pada kelompok tiang pancang *mini pile* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2}$$

Beban-beban yang bekerja diatas kelompok tiang adalah sebagai berikut :

Beban aksial (P) = 99,79 Ton (hasil analisis SAP 2000 v.22)

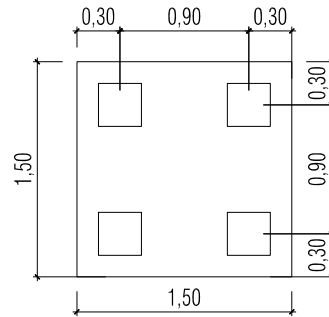
Berat Pile Cap =  $\gamma \cdot t \cdot B \cdot H$   
 $= 2,4 \cdot 0,55 \cdot 1,5 \cdot 1,5$   
 $= 2,97$  Ton

Berat Tiang =  $A_p \cdot \gamma \cdot n \cdot L$   
 $= 0,09 \cdot 2,4 \cdot 4 \cdot 5$   
 $= 4,32$  Ton

Berat Total =  $2,97 + 4,32 + 99,79$   
 $= 107,08$  Ton

n Total = 4 buah.

Desain untuk pile cap rencana dengan satu kelompok tiang terdapat 4 pondasi *mini pile* 0,30 x 0,30 m dengan jarak as antar tiang terhadap *pile cap* dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Tampak Atas Pile Cap Rencana.  
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

$$\begin{aligned} \sum x^2 &= 1,5 \text{ m} \\ \sum y^2 &= 1,5 \text{ m} \\ M_x &= -1,29 \text{ Ton (hasil program SAP 2000)} \\ M_y &= -1,27 \text{ Ton (hasil program SAP 2000)} \\ P_1 &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2} \\ &= \frac{107,08}{4} \pm \frac{-1,27 \cdot 1,5}{1,5} \pm \frac{-1,27 \cdot 1,5}{1,5} \\ &= 28,954 \text{ Ton} \\ P_2 &= \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x^2} - \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2} \\ &= \frac{107,08}{4} - \frac{-1,27 \cdot 1,5}{1,5} - \frac{-1,27 \cdot 1,5}{1,5} \\ &= 24,586 \text{ Ton} \end{aligned}$$

### Analisis Kekuatan Tiang Pancang

Dengan mutu beton rencana  $f'_c = 29 \text{ Mpa}$ , *Mini pile* dimensi  $0,30 \times 0,30 \text{ m}$ , dan panjang tiang  $5 \text{ m}$ , kekuatan tiang dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \sigma &= P/A < \sigma \text{ ijin} \\ P &= 28,954 \text{ Ton (beban maksimum yang diterima satu tiang)} \\ A &= s \cdot s \\ &= 0,09 \text{ m}^2 \\ \sigma &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{28,954}{0,09} \\ &= 321,72 \text{ Ton/m}^2 \\ \sigma \text{ ijin} &= f'_c \cdot 0,83 \\ &= 29 \cdot 0,83 \\ &= 240,7 \text{ Kg/cm}^2 = 240,7 \text{ Ton/m}^2 \\ \sigma &= 321,72 \text{ Ton/m}^2 < 240,7 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

AMAN

### KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, kapasitas dukung ultimit (Qult) tiang pancang metode *Meyerhoff* dimensi  $0,30 \times 0,30 \text{ m}$ , didapatkan sebesar  $138,544 \text{ Ton/m}^2$ , dan metode *Aoki & Alencar* dimensi  $0,30 \times 0,30 \text{ m}$ , diperoleh  $83,657 \text{ Ton/m}^2$ . Dan kapasitas dukung ultimit (Qult)

pada tiang eksisting (*bored pile* yang terpasang pada proyek) diameter 0,40 m sebesar 182,537 Ton/m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil tersebut pondasi tiang pancang yang digunakan sebagai pondasi alternatif pada pembangunan SMPN 9 Kota Kediri adalah tiang pancang *mini pile* dimensi 0,30 x 0,30 m metode *Mayerhoff* dengan hasil satu tiang kelompok membutuhkan 4 tiang pancang *mini pile* dan nilai  $Q_g$  128,262 Ton/m<sup>2</sup> lebih besar dari beban maksimum aksial ( $P_u$ ) yang bekerja sehingga aman digunakan.

Berdasarkan analisis yang dilakukan penurunan tiang tunggal pada desain pondasi tiang pancang *mini pile* yang digunakan sebesar 0,0053 m, untuk penurunan tiang kelompok *mini pile* sebesar 0,012 m, penurunan rencana masih aman dari penurunan yang diizinkan yaitu 0,03 m. Ujung pondasi sudah mencapai tanah yang keras.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2022). *Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Pada Pembangunan Gedung Laboratorium Dan Kuliah Terpadu Universitas Borneo Tarakan*. Universitas Borneo Tarakan.
- AKBAR, F. H. (2022). *ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PADA PEMBANGUNAN GEDUNG FORTUNATE CITRA GRAND CITY PALEMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALITIS (Studi Kasus)* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara).
- Dirgananta, M. F. (2018). Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki & De Alencar, Dan Luciano Decourt. *Skripsi Teknik Universitas Islam Indonesia*, 129.
- Fatmawati, L. E., & Utomo, A. C. (2019). Analisis Stabilitas Bendung Embung Made, Desa Made, Kecamatan Kudu, Kabupaten Jombang. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 7(3), 241–258.
- Khairi, M., Sundary, D., & Gunawan, H. (2021). DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG DENGAN METODE STATIS MENGGUNAKAN DATA LABORATORIUM. *Journal of The Civil Engineering Student*, 3(3), 287-293.
- Mahmudi, A. (2023). ANALISIS HASIL PENGUJIAN SONDIR UNTUK MENGETAHUI KAPASITAS DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG DAN BORE PILE TERHADAP VARIASI DIMENSI DI LOKASI UBHARA SURABAYA. *INTERTECH*, 1(1), 43-51.
- Mina, E., Kusuma, R. I., & Lambok Rumiris Gultom. (2018). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji Standard Penetration Test (SPT) Dan Data Uji Cone Penetration Test (CPT) (Studi Kasus Proyek Apartemen Maqna Residence Kebon Jeruk - Jakarta). *Jurnal Fondasi*, 7(2).
- Muthmainnah, M. (2021). *Analisis Kapasitas Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Dimensi*. Universitas Islam Indonesia.
- Novianto, D. (2013). Kinerja Pondasi Tiang Pancang Pada Gedung Berdasarkan Data Sondir. *PROKONS Jurusan Teknik Sipil*, 7(2), 189. <https://doi.org/10.33795/prokons.v7i2.51>
- Patah, D. (2022). Analisis Daya Dukung Pondasi Proyek Pendidikan SMK 1 Rangas Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 26(1), 29-33.
- Randang, S. M. (2016). *PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH DAN PERENCANAAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PADA PROYEK PEMBANGUNAN PLAZA RATAHAN DI MINAHASA TENGGARA* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Manado).
- Tunafiah, H. (2017). Analisis Metode Statis Dan Metode Dinamis Penelitian Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang. *Jurnal Teknik*, 2(2).

