



## PERENCANAAN FONDASI TIANG PANCANG PADA GEDUNG PERKULIAHAN UNIVERSITAS SLAMET RIYADI (VARIASI DIAMETER TIANG PANCANG)

Iwan Setyo Nugroho<sup>1</sup> dan Qunik Wiqoyah<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta, Indonesia, Kode Pos 57102

\*Email: [Qunik.Wiqoyah@ums.ac.id](mailto:Qunik.Wiqoyah@ums.ac.id)

Diajukan:05/06/2022 Direvisi: 25/07/2022 Dierima:27/07/2022

### Abstrak

Uji sondir dilakukan pada 3 titik di lokasi pembangunan Gedung perkuliahan Universitas Slamet Riyadi. Didapatkan bahwa tanah keras terletak pada kedalaman 4,4 m dari permukaan tanah. Berdasarkan hasil uji sondir tersebut maka jenis fondasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pondasi tiang pancang beton dengan 3 jenis variasi diameter yaitu dengan diameter 0,3; 0,4; 0,5 m dengan kedalaman tiang 4 m. Tujuan dari perencanaan ini adalah menentukan beban struktur yang diterima oleh fondasi, mendesain jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, mendesain penulangan pada Pile Cap serta penulangan tiang pancang. Perencanaan diawali dengan menentukan beban struktur yang diterima oleh fondasi, mendesain jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, mendesain penulangan pada Pile Cap serta penulangan tiang pancang. Hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang menggunakan metode Meyerhof pada tanah pasir dan metode deRuiter dan Beringen pada tanah lempung didapatkan hasil sebagai berikut : untuk tiang diameter 0,3 m sebesar 534,856 kN, diameter 0,4 m sebesar 780,257 kN, diameter 0,5 m sebesar 827,689 kN. Perhitungan beban struktur atas didapatkan nilai beban aksial kolom terbesar 2293,510 kN. Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan diameter 0,3 m jumlahnya 6 tiang, diameter 0,4 dan 0,5 m sebanyak 4 tiang

**Kata kunci:** Fondasi, Kapasitas Dukung, Penulangan, Pile Cap, Tiang Pancang

### Abstract

According to the sondir test results conducted for three points on the soil at the Slamet Riyadi University lecture building construction site, the hard soil is discovered to be 4.4 meters below the soil surface. Based on the findings of the sondir test, the type of foundation employed in this plan is a concrete pile foundation with three types of diameter variations, namely with a diameter of 0.3, 0.4, and 0.5 m and a pile depth of 4 m. This plan's objectives include calculating the foundation's structural load, designing the necessary number of piles, and designing the pile cap reinforcement and pile reinforcement. The results of the calculation of the pile bearing capacity using the Meyerhof method on sandy soils and the DeRuiter and Beringen method on clay soils obtained the following results: for piles with a diameter of 0.3 m of 534,856 kN, diameter of 0.4 m of 780,257 kN, diameter of 0.5 m of 827.689 kN. The calculation of the load on the upper structure obtained the largest column axial load value of 2293.510 kN. The number of piles required with a diameter of 0.3 m is 6 poles, a diameter of 0.4 and 0.5 m is 4 poles.

**Keywords:** Bearing Capacity, Foundation, Pile, Pile Cap, Reinforcemen

## 1. PENDAHULUAN

Keberadaan fondasi tidak dapat di pisahkan dari struktur bangunan karena fondasi berfungsi untuk meneruskan gaya-gaya atau beban yang bekerja pada struktur atas ke tanah dasar yang cukup keras (Bowles, 1999). Pemilihan tipe fondasi tiang didasarkan oleh fungsi bangunan atas, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan, dan biaya

fondasi dibandingkan dengan bangunan atas. (Sardjono, 1988)

Fondasi tiang pancang (*pile foundation*) adalah bagian dari struktur fondasi berbentuk tiang yang penempatannya pada lapisan tanah pendukung dan digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Penggunaan fondasi tiang pancang sebagai fondasi bangunan apabila

tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan beban yang bekerja padanya (Sardjono, 1988).

Dalam menentukan jenis fondasi yang akan digunakan, maka diperlukan penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah dilakukan dengan melakukan penyelidikan di lapangan kemudian sampel tanah diambil dan dilakukan pengujian di laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik tanah. Penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisannya (Pamungkas dan Harianti, 2013).

Pengujian sondir telah dilakukan pada lokasi yang akan didirikan bangunan gedung perkuliahan Universitas Slamet Riyadi Surakarta, sebanyak 3 titik. Tanah keras ditemukan pada kedalaman 4,4 m dari permukaan tanah. Pondasi yang digunakan pada perencanaan bangun Gedung perkuliahan ini berupa pondasi tiang pancang.

Perencanaan ini bertujuan untuk menentukan beban struktur yang diterima oleh fondasi, mendesain jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, mendesain penulangan pada *Pile Cap* serta penulangan tiang pancang. Pada perencanaan ini difokuskan menggunakan fondasi tiang pancang beton, dengan variasi diameter tiang 0,3; 0,4; 0,5 m dengan kedalaman pemancangan 4 m.

Perencanaan fondasi tiang pancang juga telah dilakukan oleh Afriyanto (2017) menggunakan metode konvensional, statistik, dan probabilistik atau LRFD. Nasarani (2014) juga melakukan perencanaan fondasi tiang pancang beton yang bertujuan memberiakan suatu gambaran alternatif perencanaan struktur fondasi dengan menggunakan fondasi tiang pancang, serta memberikan informasi mengenai teknologi fondasi tiang pancang beton.

Perencanaan fondasi tiang pancang pada Gedung Kantor Taman Wisata candi Yogyakarta yang telah dilakukan oleh Aji Putra (2021) menggunakan variasi diameter tiang 0,3 m, 0,4 m dan 0,5 m didapatkan bahwa efisiensi tiang dan kapasitas dukung tertinggi pada penggunaan diameter tiang 0.5.

Perhitungan kapasitas dukung tiang pancang pada Gedung Kejaksaan Tinggi

Kalimantan Timur yang telah dilakukan Muhajir (2018). untuk data tanah dari uji SPT dengan menggunakan metode Luciano Decourt didapat hasil 67,64 ton dan dengan metode *Meyerhof* didapat hasil 82,27 ton.

Besar tahanan gesek tiang tergantung dari bahan dan bentuk tiang (Hardiyatmo, 2011). Umumnya bila tanah homogen tahanan gesek yang berupa adhesi antara sisi tiang dan tanah akan berpengaruh besar pada kapasitas ultimitnya.

Perhitungan kapasitas dukung tiang tunggal yang digunakan sebagai berikut :

1. Kapasitas Dukung Ultimit Netto ( $Q_u$ )

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p = A_b f_b + A_s f_s - W_p \quad (1)$$

dengan,

$Q_u$  = kapasitas dukung ultimit netto tiang (kN)

$A_b$  = luas penampang ujung bawah tiang ( $m^2$ )

$A_s$  = luas selimut tiang ( $m^2$ )

$f_b$  = tahanan ujung satuan tiang ( $kN/m^2$ )

$f_s$  = tahanan gesek satuan tiang ( $kN/m^2$ )

$W_p$  = berat sendiri tiang (kN)

Berdasarkan rumus 1 kapasitas dukung ultimit netto tiang tunggal pada tanah granuler dapat dihitung menggunakan metode *Schmertmann* dan *Nottingham* (1975) dalam Listyawan dkk (2017), dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Q_u = A_b \omega q_{ca} + A_s K_f q_f - W_p \quad (2)$$

dengan,

$A_b$  = luas penampang ujung bawah tiang ( $cm^2$ )

$A_s$  = luas selimut tiang ( $cm^2$ )

$\omega$  = koefisien korelasi

$q_{ca}$  = tahanan konus rata-rata ( $kg/cm^2$ )

$q_f$  = tahanan gesek sisi konus ( $kg/cm^2$ )

$K_f$  = koefisien tak berdimensi

2. Tahanan Ujung Ultimit ( $Q_b$ )

Lapisan tanah pada ujung tiang bersifat granuler perhitungan tahanan ujung tiang menggunakan metode *Meyerhof* yang merupakan penyempurnaan dari metode *Schmertmann* dan *Nottingham*.

Dalam metode *Schmertmann* dan *Nottingham* (1975) dalam Listyawan dkk (2017), tahanan ujung tiang per satuan luas,

diperoleh dari nilai rata-rata  $q_c$  di sepanjang  $8d$  di atas dasar tiang sampai  $0,7d$  atau  $4d$  dibawah tiang. sehingga tahanan ujung satuan tiang dihitung dengan persamaan:  
 $f_b = \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15000 kN/m}^2\text{)}$

3. Tahanan Gesek Dinding Ultimit ( $Q_s$ )

Tiang pancang, tahanan gesek satuan diambil salah satu dari persamaan berikut:

$$f_s = K_f q_f \text{ dengan } K_f = 1 \quad (3)$$

atau apabila tidak dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi konus:

$$f_s = K_c q_c \text{ dengan } K_c = 0,005 \quad (4)$$

dengan,

$f_s$  = tahanan gesek satuan ( $\text{kg/cm}^2$ ). Nilainya dibatasi sampai  $1,2 \text{ kg/cm}^2$  ( $120 \text{ kPa}$ )

$K_f$  = koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus

$K_c$  = koefisien modifikasi tahanan konus

$q_f$  = gesek satuan local sisi konus (*sleeve friction*) ( $\text{kg/cm}^2$ )

$q_c$  = tahanan konus ( $\text{kg/cm}^2$ )

4. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang.

a. Jumlah Tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan didasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 5 sebagai berikut :

$$n = \frac{P}{Q_a} \quad (5)$$

keterangan :

P = Beban yang bekerja

$Q_a$  = Kapasitas dukung ijin tunggal

b. Jarak Antar Tiang

Pada tiang tunggal luas zone tertekan pada bagian bawah tiang sangat lebih kecil daripada luas zone tertekan untuk kelompok tiang. Hal inilah yang menyebabkan penurunan kelompok tiang menjadi lebih besar dari pada penurunan tiang tunggal.

Kondisi demikian dapat pula terjadi pada kelompok tiang pada tipe tiang gesek. Kecuali, jika tiang-tiang dipancang pada jarak yang besar. Namun jarak tiang yang terlalu besar menyebabkan biaya pembuatan pelat penutup tiang (*pile cap*) menjadi tidak ekonomis.

c. Efisiensi Kelompok Tiang

Persamaan-persamaan yang diusulkan didasarkan pada susunan tiang, dengan mengabaikan panjang tiang, variasi bentuk tiang yang meruncing, variasi sifat tanah dengan kedalaman dan pengaruh muka air tanah. Salah satu dari persamaan efisiensi tiang tersebut, persamaan pendekatan yang disarankan oleh "Converse-Labarre Formula" sebagai berikut (Listyawan, A.B., dkk. 2017; 260):

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 mn'} \quad (6)$$

Dengan:

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  =  $\text{arc tg } d/s$  ( $^\circ$ )

s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

d = diameter tiang (m)

Efisiensi Kelompok Tiang didefinisikan sebagai berikut:

$$E_g = \frac{Q_g}{n \cdot Q_u} \quad (7)$$

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u \quad (8)$$

Keterangan:

$E_g$  = Efisiensi Kelompok Tiang

$Q_g$  = Beban Maksimum kelompok tiang

$Q_u$  = Beban maksimum tiang tunggal

n = Jumlah tiang dalam kelompok

5. Kapasitas Dukung Ijin Tiang ( $Q_a$ )

Kapasitas dukung ijin fondasi tiang untuk beban aksial,  $Q_a$  atau  $Q_{all}$  diperoleh dengan membagi daya dukung ultimit,  $Q_u$  atau  $Q_{ult}$ , dengan suatu faktor keamanan (SF) baik secara keseluruhan maupun secara terpisah dengan menerapkan faktor keamanan pada daya

dukung selimut tiang dan pada tahanan ujungnya. Daya dukung ijin tiang dapat dinyatakan dalam persamaan 7 berikut:

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} \quad (9)$$

dengan :

$Q_a$  = Kapasitas dukung ijin tiang (kN)

$Q_u$  = Kapasitas dukung ultimit tiang (kN)

SF = Faktor Keamanan

Nilai-nilai faktor aman yang disarankan oleh Reese dan O'Neill (1989) dalam Hardiyatmo (2015) ditunjukkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 1. Faktor aman yang disarankan oleh Reese dan O'Neill (1989)

Klasifikasi struktur	Faktor aman (F)			
	Kontrol baik	Kontrol normal	Kontrol jelek	Kontrol sangat jelek
Monumental	2,3	3	3,5	4
Permanen	2	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2	2,3	2,8

Kisaran faktor aman dari analisis statis yang umumnya sering digunakan adalah sekitar 2 – 4, dan kebanyakan digunakan 3.

## 6. Penulangan Tiang Pancang

Tiang pancang direncanakan menggunakan beton prategang dengan bantuan *software SE Pile*, data – data :

$M_{u, maks}$  = Momen maksimum (Nmm)

$P_{u, maks}$  = Beban maksimum yang di terima oleh tiang (N)

$D_L$  = Diameter luar tiang (mm)

$D_D$  = Diameter dalam / *void* (mm)

$D_{efektif}$  = Diameter efektif (jarak as tiang ke as tulangan utama)(mm)

$\varnothing_{strand}$  = Diameter tulangan *prestressed* yang digunakan (mm)

### a) Tulangan longitudinal/utama *prestressed*

Setelah data dimasukkan kedalam *software SE Pile* dan dijalankan, maka akan tampil grafik diagram  $\phi P_n$  dan  $\phi M_n$  yang berarti kapasitas tiang tersebut dalam memikul gaya. Jika  $M_u$  dan  $P_u$  masuk dalam diagram berarti tiang aman ketika diberi gaya tersebut.

### b) Tulangan geser spiral

Perhitungan tulangan geser spiral

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_L - D_D)^2$$

$$A_{s, spiral} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \varnothing^2$$

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D_{efektif} - D_D)^2$$

$$\rho_s = 0,45 \cdot \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \cdot \left( \frac{f'c}{f_y} \right) \quad (10)$$

$$S = \frac{4 \cdot A_{s, spiral} \cdot (D_{efektif} - \varnothing)}{D_{efektif}^2 \cdot \rho_s} \quad (11)$$

Persyaratan SNI 2847:2013 Spasi bersih antar spiral tidak boleh melebihi 75 mm, atau tidak kurang dari 25 mm (Pasal 7.10.4.3).

## 7. Perhitungan Penulangan *Pile Cap*

### a. Perhitungan penulangan arah x :

$$M_u = \sum P_u \cdot l_x \text{ (kN)} ;$$

$$\sum P_u = \text{Dipilih yang terbesar}$$

$l_x$  = Jarak as Tiang Pancang ke as Kolom arah sumbu x

$$K = \frac{M_u}{\varnothing \cdot b \cdot d^2} \text{ (Mpa)} \quad (12)$$

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1) \cdot f'c}{(600 + f_y)^2} \quad (13)$$

$$K < K_{maks} \text{ (Oke)}$$

### a) Dihitung tinggi balok tegangan tekan :

$$a = \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f'c}} \right) \cdot d \quad (14)$$

### b) Hitung Luasan Tulangan Pokok Perlu ( $A_{s,u}$ ) :

$$A_{s,u} = (0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) / f_y \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_{s,u} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d}{f_y} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (15)$$

Dipilih nilai  $A_{s,u}$  yang terbesar

### c) Hitung Jarak Tulangan Pokok (s) :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} \text{ (mm)} \quad (16)$$

$$s = 2 \cdot h \text{ (mm)}$$

$$s \leq 450 \text{ (mm)}$$

Dipilih nilai s yang terkecil

d) Hitung Luasan Tulangan Bagi Perlu (As<sub>b,u</sub>) :

$$As,b = 20\%.As,u \text{ (mm}^2\text{)} \quad (17)$$

$$As,b = \{0,002-(f_y-350)/350000\}.b.h \text{ (mm}^2\text{)} \quad (18)$$

e) Hitung Jarak Tulangan Bagi (s) :

$$s = \frac{\frac{1}{4}.\pi.D^2.S}{As,u} \text{ (mm)} \quad (19)$$

$$s = 5.h \text{ (mm)}$$

$$s \leq 450 \text{ (mm)} \quad (20)$$

Dipilih nilai s yang terkecil

1. Perhitungan Penulangan arah y :

$$Mu = \sum Pu.ly \text{ (kN)}$$

$\sum Pu$  = Dipilih yang terbesar

Ly = Jarak as Tiang Bor ke as

Kolom arah sumbu y

$$K = \frac{Mu}{\phi.b.d^2} \text{ (Mpa)}$$

$$K_{maks} = \frac{382,5.\beta_1.(600+f_y-225.\beta_1).f'_c}{(600+f_y)^2} \quad (21)$$

$K < K_{maks}$  (Oke)

a) Dihitung tinggi balok tegangan tekan :

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.K}{0,85.f'_c}}\right).d \quad (22)$$

b) Hitung Luasan Tulangan Pokok Perlu (As<sub>u</sub>) :

$$As,u = (0,85.f'_c.a.b)/f_y \text{ (mm}^2\text{)} \quad (23)$$

$$As,u = \frac{1,4.b.d}{f_y} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (24)$$

$$As,u = \frac{0,25.\sqrt{f'_c}.b.d}{f_y} \text{ (mm}^2\text{)} \quad (25)$$

Dipilih nilai As<sub>u</sub> yang terbesar

c) Hitung Jarak Tulangan Pokok (s) :

$$s = \frac{\frac{1}{4}.\pi.D^2.S}{As,u} \text{ (mm)} \quad (26)$$

$$s = 3.h \text{ (mm)} \quad (27)$$

$$s \leq 450 \text{ (mm)} \quad (28)$$

Dipilih nilai s yang terkecil

d) Hitung Luasan Tulangan Bagi Perlu (As<sub>b,u</sub>) :

$$As,b = 20\%.As,u \text{ (mm}^2\text{)} \quad (29)$$

$$As,b = \{0,002-(f_y-350)/350000\}.b.h \text{ (mm}^2\text{)} \quad (30)$$

e) Hitung Jarak Tulangan Bagi (s) :

$$s = \frac{\frac{1}{4}.\pi.D^2.S}{As,u} \text{ (mm)} \quad (31)$$

$$s = 5.h \text{ (mm)}$$

$$s \leq 450 \text{ (mm)} \quad (32)$$

Dipilih nilai s yang terkecil

3. Perhitungan Panjang Penyaluran Tegangan (l<sub>d</sub>)

Panjang penyaluran tegangan (l<sub>d</sub>) dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 dengan rumus berikut :

$$l_d = \frac{f_y}{1,1.\lambda.\sqrt{f'_c}} \cdot \left(\frac{\Psi_t.\Psi_e.\Psi_s}{c_b + K_{tr}}\right) .d_b \text{ dan } l_d$$

harus  $\geq 300$  mm.

(33)

dengan :

$\Psi_t$  = Faktor lokasi tulangan

= 1,3 (jika tulangan berada diatas beton segar sete bal  $\geq 300$  mm)

= 1,0 (untuk situasi lainnya)

$\Psi_e$  = Faktor pelapis tulangan

= 1,5 (jika tulangan berlapis epoksi dengan  $S_b < 3.d_b$  atau spasi bersih  $< 6.d_b$ )

= 1,2 (jika tulangan berlapis epoksi lainnya)

= 1,0 (jika tulangan tanpa pelapis)

$\Psi_s$  = Faktor ukuran batang tulangan

= 0,8 (jika digunakan tulangan D-19 atau lebih kecil)

= 1,0 (jika digunakan tulangan D-22 atau lebih besar)

$d_b$  = diameter batang tulangan (mm)

$\lambda$  = Faktor beton agregat ringan

= 0,75 (jika digunakan beton ringan)

= 1,0 (jika digunakan beton normal).

$c_b$  = 75 mm (concrete covers  $S_b = 75$  mm).

$K_{tr}$  = 0 (untuk penyederhanaan: Pasal 12.2.4 SNI 03-2847-2013)

$$(c_b + K_{tr})/d_b \leq 2,5$$

$l_t$  = Panjang tersedia,

$$= B/2 - b_k/2 - S_b$$

Apabila nilai  $l_t > l_d$  maka lebar *pile cap* sudah cukup.

## 2. METODOLOGI

Data yang digunakan dalam perencanaan fondasi adalah sebagai berikut : data tanah merupakan data sondir manual pada proyek pembangunan Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi Universitas Slamet Riyadi, Gedung Kuliah Fakultas Ekonomi Universitas Slamet Riyadi ini terdiri dari 5 lantai, struktur bawah yang digunakan adalah fondasi tiang pancang, variasi diameter fondasi yang digunakan 0,3; 0,4; 0,5 m dengan kedalaman pemancangan 4 m, analisis daya dukung fondasi menggunakan metode statis berdasarkan pengujian CPT/Sondir, dengan kedalaman muka air tanah tidak diketahui, dan tanah lempung dianggap terkonsolidasi normal. Faktor Aman (*Safety Factor*) yang digunakan dalam perencanaan fondasi tiang pancang adalah 3. Hasil perhitungan pembebanan struktur menggunakan data sekunder analisis *ETABS*, analisis perhitungan daya dukung menggunakan perhitungan secara manual dengan bantuan program *Microsoft Excel 2016*, perhitungan tulangan longitudinal yang dibutuhkan dan untuk mengecek kecukupan rasio tulangan dalam menerima beban menggunakan bantuan program *SE Pile*.

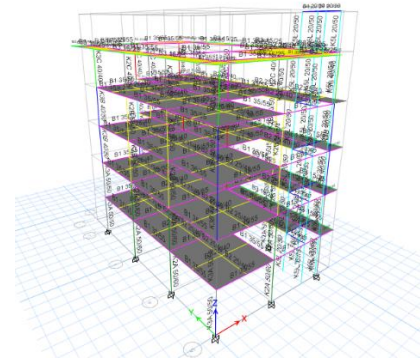
Perencanaan ini dilakukan secara bertahap untuk mencapai hasil yang diharapkan. Tahap awal penelitian dimulai dengan studi literatur, untuk mencari informasi yang relevan dengan masalah atau topik yang sedang diteliti dari jurnal, artikel, maupun buku. Tahap kedua dilakukan pengumpulan data serta melakukan interpretasi data. Data yang digunakan pada saat melakukan penelitian merupakan data sekunder berupa gambar teknis, data hasil uji sondir tanah, dan data analisis *ETABS* yang didapatkan dari pihak yang bersangkutan pada proyek pembangunan gedung kuliah Fakultas Ekonomi Universitas Slamet Riyadi. Tahap ketiga menentukan beban maksimum kolom dari hasil analisis *ETABS*. Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan hasil beban akhir yang akan diterima oleh fondasi tiang pancang. Pada tahapan keempat dilakukan perhitungan kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang berdasarkan data hasil uji sondir pada proyek pembangunan gedung Kuliah Fakultas Ekonomi Universitas Slamet Riyadi.

Tahap kelima mendesain dan menghitung kebutuhan tulangan pada *pile cap*, serta menghitung kebutuhan tulangan tiang pancang dengan menggunakan *software SE Pile*. Pada tahap keenam terdiri dari pembahasan dan kesimpulan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pembebanan Struktur

Analisa pembebanan pada bagian struktur atas meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa. Perencanaan gedung 5 lantai ini menggunakan analisa pembebanan dengan program bantu *ETABS 2018*. Berikut pada Gambar 1, menunjukkan gambar model struktur 3 dimensi bangunan gedung kuliah Fakultas Ekonomi UNISRI dalam program computer *ETABS*.

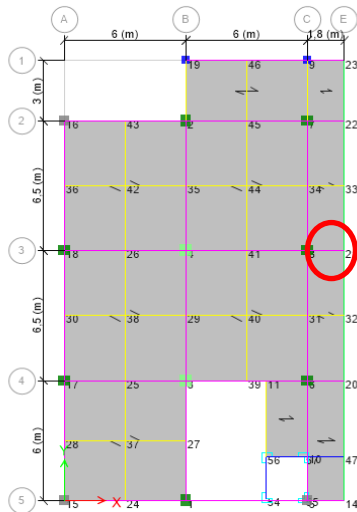


Gambar 1. Model Struktur 3 Dimensi Bangunan (hasil penelitian)

Dari hasil *output* program analisa *ETABS* diperoleh gaya-gaya dalam maksimal yang diperlihatkan pada Gambar 2, akibat kombinasi beban terdapat pada *frame 4* yaitu:

$$\begin{aligned}
 P \text{ (beban aksial)} &= 2293,5074 \text{ kN} \\
 V_x \text{ (gaya geser)} &= -6,676 \text{ kN} \\
 V_y \text{ (gaya geser)} &= 0,4132 \text{ kN} \\
 M_x \text{ (momen)} &= 0,3152 \text{ kNm} \\
 M_y \text{ (momen)} &= -21,5646 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$





Gambar 2. Kolom yang Menerima Beban Paling Besar (hasil penelitian)

**3.2 Perencanaan Fondasi Tiang Pancang**

Pengujian tanah dilakukan dengan alat sondir atau DCPT (*Dutch Cone Penetration Test*) yang memiliki kapasitas sebesar 2,5 ton. Hasil uji sondir ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sondir dan Jenis Tanah

No	Depth (m)	Conus (qc) (kg/cm <sup>2</sup> )	FR (%)	Jenis Tanah
1	-	0	-	
2	0,20	5,00	10,00	Lempung
3	0,40	10,00	5,00	Lempung
4	0,60	10,00	5,00	Lempung
5	0,80	5,00	6,00	Lempung
6	1,00	1,00	20,00	Lempung
7	1,20	1,00	20,00	Lempung
8	1,40	1,00	20,00	Lempung
9	1,60	1,00	20,00	Lempung
10	1,80	1,00	20,00	Lempung
11	2,00	1,00	20,00	Lempung
12	2,20	1,00	20,00	Lempung
13	2,40	1,00	20,00	Lempung
14	2,60	1,00	30,00	Lempung
15	2,80	2,00	20,00	Lempung
16	3,00	4,00	10,00	Lempung
17	3,20	5,00	20,00	Lempung
18	3,40	5,00	10,00	Lempung
19	3,60	5,00	10,00	Lempung
20	3,80	70,00	0,71	Pasir
21	4,00	100,00	1,00	Pasir
22	4,20	230,00	0,43	Pasir
23	4,40	260,00	0,35	Pasir

Hasil perhitungan kapasitas dukung ultimit tiang tunggal dan tiang group serta jumlah

tiang dan efisiensi tiang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Fondasi

Diameter Tiang (m)	Qb (kN)	Qs total	Qu (kN)	Qa (kN)	Qnegatif (kN)	Jumlah Tiang (tiang)	Jarak Antar Tiang (m)	Eg	Qg (kN)
0,3	594,836	1049,991	1577,991	525,997	51,147	6	0,9	0,761	2401,789
0,4	780,237	1399,894	2168,087	722,696	41,529	4	1,2	0,793	2299,654
0,5	827,689	1749,867	2558,706	852,902	51,912	4	1,5	0,793	2712,797

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas dukung ultimit tiang tunggal maupun tiang group sebagaimana terdapat dalam Tabel 3, besarnya diameter akan mempengaruhi nilai kapasitas dukung ultimit, jadi semakin besar diameternya maka nilai kapasitas dukungnya juga semakin besar walaupun kedalaman pondasinya sama dengan jumlah tiang yang semakin sedikit. Selain mempengaruhi kapasitas dukung ultimit tiang tunggal, besarnya diameter tiang juga berpengaruh terhadap nilai efisiensi dan kapasitas dukung ultimit group tiang.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Penulangan Tiang pancang

Diameter Tiang (m)	Tulangan Longitudinal	Rasio Tulangan Longitudinal (%)	Tulangan Geser Spiral
0,3	6-D22	3,227	Ø19-30
0,4	8-D22	2,420	Ø19-60
0,5	10-D22	1,936	Ø19-60

Besarnya diameter tiang juga akan mempengaruhi jumlah tiang yang digunakan terutama jumlah tulangan longitudinal, adapun tulangan geser selisih jarak tidak begitu besar.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Penulangan *Pile cap*

Diameter Tiang (m)	Dimensi <i>Pile Cap</i>			Tulangan Poko		Tulangan Bagi		Panjang Penyaluran tegangan (l)	
	B (m)	L (m)	H (m)	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y	D16 (m)	D13 (m)
0,3	1,9	2,4	0,5	D22-250	D22-115	D13-140	D13-140	0,57	0,337
0,4	2	2	0,6	D22-180	D22-180	D13-115	D13-115	0,57	0,337
0,5	2,5	2,5	0,7	D22-170	D22-170	D13-100	D13-100	0,57	0,337

Dimensi *pile cape* juga dipengaruhi oleh besarnya dimensi tiang, semakin besar diameter tiang maka dimensi *pile cape* juga akan semakin besar, walaupun jumlah tulangan semakin sedikit.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari perencanaan dan perhitungan fondasi tiang pancang sebagai berikut :

1. Berdasarkan nilai qc dan FR pada pengujian sondir, jenis tanah di lokasi proyek merupakan tanah berlapis antara tanah lempung kedalaman 0-3,6 meter dan tanah pasir kedalaman 3,6-4,4 meter.
2. Perhitungan beban struktur atas didapat dari data sekunder menggunakan *software ETABS* sehingga didapatkan nilai beban aksial kolom paling besar sebesar 2293,510 kN.
3. Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan untuk menahan beban aksial kolom terbesar pada tiang dengan diameter 0,3 m adalah 6 tiang dengan kapasitas dukung kelompok tiang sebesar 2401,789 kN, sedangkan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan pada tiang dengan diameter 0,4 m adalah 4 tiang dengan kapasitas dukung kelompok tiang sebesar 2298,654 kN dan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan pada tiang diameter 0,5 m sebanyak 4 tiang dengan kapasitas dukung kelompok tiang sebesar 2712,797 kN.
4. Kebutuhan tulangan *Pile Cap* pada tiang dengan diameter 0,3 m pada arah x yaitu D22-250 untuk tulangan pokok dan D13-140 untuk tulangan bagi, pada arah y yaitu D22-115 untuk tulangan pokok dan D13-140 untuk tulangan bagi. Kebutuhan tulangan untuk tiang dengan diameter 0,4 m pada arah x yaitu D22-180 untuk tulangan pokok dan D13-115 untuk tulangan bagi, pada arah y yaitu D22-180 untuk tulangan pokok dan D13-115 untuk tulangan bagi. Sedangkan kebutuhan tulangan untuk tiang dengan diameter 0,5 m pada arah x yaitu D22-170 untuk tulangan pokok dan D13-100 untuk tulangan bagi, pada arah y yaitu D22-170 untuk tulangan pokok dan D13-100 untuk tulangan bagi.
5. Tulangan longitudinal tiang pancang yang dibutuhkan pada tiang dengan diameter 0,3 m adalah 6-D22 dengan  $A_s = 2280,796 \text{ mm}^2$ , sedangkan untuk tulangan spiral digunakan  $\emptyset 19-30$ . Tulangan longitudinal tiang pancang pada tiang dengan diameter 0,4 m adalah 8-D22 dengan  $A_s =$

3041,0617  $\text{mm}^2$ , sedangkan tulangan spiral digunakan  $\emptyset 19-60$ . Tulangan longitudinal tiang pancang pada tiang dengan diameter 0,5 m adalah 10-D22 dengan  $A_s = 3801,327 \text{ mm}^2$  sedangkan tulangan spiral digunakan  $\emptyset 19-60$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanto, A., (2017). Analisis Perbandingan Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode pada Proyek Apartemen The Frontage Surabaya. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aji Putra, D.A. (2021). Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Gedung Kantor Taman Wisata Candi Yogyakarta, Tugas Akhir. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Bowles, J.E. (1988). Foundation Analysis and Design. 4th Edition, McGraw Hill. New York: Mc-Graw Hill Book Company.
- Ghassani, F., (2021). Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Gedung Hotel Manohara Gejayan Yogyakarta. Surakarta: Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hardiyatmo, Hary .C., (2015). Analisis dan Perancangan Fondasi Jilid 2, Edisi ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kristianingrum. (2020). Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Pada Bangunan Gedung Rest Area Km.456 Ruas Jalan Semarang-Solo Kota Salatiga Jawa Tengah. Tugas Akhir. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Listyawan, Anto .B., dkk. (2017). Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Muhajir, G. M., (2018). Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Pancang Pada Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur, Samarinda
- Nasarani, Hadi Wira. (2014). Studi Perencanaan Tiang Pancang Beton pada Proyek Pembangunan Apartemen Riverside Malang. Tugas Akhir. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- Nugroho, R. P., (2020). Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Pada Bangunan Gedung 7



- Lantai RSUD Kabupaten Tegal Jawa Tengah. Surakarta: Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Pamungkas, A., & Harianti, E. (2013). Desain Pondasi Tahan Gempa. Yogyakarta: ANDI.
- Rizqia, Mohammad Denizra. (2021). Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Beton Pada Proyek Pembangunan Gedung Sekolah Di Karangpandan Kabupaten Karanganyar. Tugas Akhir. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sardjono, H. S., (1988). Pondasi Tiang Pancang, Jilid 1. Surabaya : Sinar Jaya Wijaya.
- SNI 03-2847-2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Setiyono, Adi Tri. (2012). Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Gedung Rusunawa Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Tugas Akhir. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
- Surendro, B., (2015). Rekayasa Fondasi Teori Dan Penyelesaian Soal, Cetakan 1. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Simalango, A., (2016) Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Analitis Dan Metode Elemen Hingga Pada Bore Hole II. Medan: Skripsi, Universitas Sumatera Utara Medan.