

## ANALISIS DESAIN FONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN GEDUNG UKM POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM KOTA SEMARANG

Nurul Fitriyah<sup>1</sup>, Moch.Sholeh<sup>2</sup>, Dandung Novianto<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>  
[fitriyah68@gmail.com](mailto:fitriyah68@gmail.com)<sup>1</sup>, [moch.sholeh@polinema.ac.id](mailto:moch.sholeh@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [dandung.novianto@polinema.ac.id](mailto:dandung.novianto@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Gedung UKM Politeknik Pekerjaan Umum Kota Semarang merupakan bangunan gedung 5 lantai dengan tinggi total bangunan 24,6 m, menggunakan struktur bawah fondasi tiang pancang pracetak berdiameter 0,60 m pada keadaan eksistingnya. Tujuan dari studi ini adalah mencari alternatif desain fondasi yang lebih aman, efisien serta kuat menahan beban-beban yang diterima. Analisis yang dilakukan diantaranya analisis pembebanan struktur atas menggunakan *software robot structural analysis professional 2018*, perhitungan daya dukung aksial tunggal dan kelompok tiang fondasi borpile berdasarkan data dari pengujian *Standart Penetration Test (SPT)* dengan menggunakan Metode *Lucciano Decourt 1982* kemudian membandingkannya dengan daya dukung yang terjadi pada kondisi eksisting, perencanaan fondasi tiang bor beserta pile cap, dan penurunan fondasi tiang. Hasil analisis perhitungan daya dukung tiang dengan kedalaman 33 m (tinggi tiang 31,5 m), dan diameter tiang 70 cm. Berdasarkan Metode *Lucciano Decourt* diperoleh  $Q_{all} = 948,85$  kN. Jumlah tiang dalam satu pile cap diperoleh 4 tiang untuk fondasi interior dan 5 tiang untuk fondasi eksterior. Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang interior sebesar 14,749 cm dan kelompok tiang eksterior sebesar 14,304 cm.

**Kata kunci** : fondasi bored pile; daya dukung aksial; penurunan; RAB

### ABSTRACT

*The UKM Building Polytechnic of Public Works Semarang City is a 5-story building with a total height of 24.6 m. It Uses a precast pile foundation with a diameter of 0.60 m in its existing condition. The purpose of this study is to find a safer, more efficient, and stronger foundation design that can withstand the received loads. The analysis includes the loading analysis of the upper structure using Robot structural analysis professional 2018 software, single axial bearing capacity calculation and pile group foundation based on data from the Standard Penetration Test (SPT) using the Lucciano Decourt Method of 1982, and then comparing it with the bearing capacity that occurs in existing conditions, planning for the foundation of the bored pile along with the pile cap, and lowering the pile foundation. The results of the analysis of the calculation of the bearing capacity of the pile with a depth of 33 m (31.5 m pile height), and a pile diameter of 70 cm. Based on the Lucciano Decourt Method,  $Q_{all} = 948.85$  kN was obtained. The total number of piles in one pile cap is 4 piles for interior foundations and 5 piles for exterior foundations. The settlement occurred in the interior pile group amounted to 14.749 cm and the exterior pile group amounted to 14.304 cm.*

**Keywords** : bored pile foundation; axial bearing capacity; settlement; budget plan

## 1. PENDAHULUAN

Fondasi merupakan bagian komponen yang sangat penting dalam sebuah konstruksi bangunan, hal ini karena Fondasi merupakan struktur pemikul dan menahan seluruh beban yang bekerja di atasnya untuk disalurkan menuju ke tanah dasar. Fondasi yang baik yaitu Fondasi yang dapat menyalurkan tegangan-tegangan dari struktur atas menuju ke tanah dasar tanpa mengakibatkan banyak terjadinya penurunan. Kondisi, bentuk dan struktur tanah memiliki peran yang sangat penting dalam perencanaan Fondasi. hal ini dikarenakan tanah merupakan elemen yang berhubungan langsung dengan fondasi serta merupakan tempat fondasi dari sebuah bangunan berdiri. Kondisi tanah yang berbeda-beda pada tiap daerah juga harus menjadi perhatian utama dalam perencanaan Fondasi.

Proyek Pembangunan Gedung UKM (Unit Kegiatan Mahasiswa) pada Politeknik Pekerjaan Umum yang berlokasi di Jl. Soekarno-Hatta, Kelurahan Siwalan, Kecamatan Gayamsari, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah yang merupakan gedung bertingkat yang berjumlah 5 lantai dengan tinggi total bangunan 24,65 m. Bangunan tersebut menggunakan struktur bawah fondasi tiang pancang pracetak dengan diameter 0,60 m dengan panjang tiang 60 m pada kondisi eksistingnya. Gedung UKM Politeknik Pekerjaan Umum Semarang berada di tengah area kampus dengan kondisi lahan yang relatif sempit serta berdekatan dengan fasilitas lainnya, baik bangunan lama maupun bangun baru. Karena hal tersebut getaran yang terjadi saat proses pemancangan fondasi tiang pancang (eksisting) mengakibatkan retakan dinding pada salah satu bangunan sekitarnya yang juga baru selesai dibangun yaitu pada gedung auditorium. Berdasarkan dari uraian diatas, maka dalam penulisan skripsi ini, penulis tertarik mengambil judul “Analisis Desain Fondasi Tiang Bor Pada Pembangunan Gedung UKM Politeknik Pekerjaan Umum, Kota Semarang”.

## 2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini antara lain

1. Analisa statika dan pemodelan 3D Gedung UKM Politeknik Pekerjaan Umum, Kota Semarang menggunakan *Software Robot Structural Analysis Professional 2018*
2. Perhitungan daya dukung aksial fondasi tiang tunggal dan tiang kelompok menggunakan Metode *Lucciano Decourt 1982*
3. Perhitungan beban minimum Gedung UKM Politeknik Pekerjaan Umum, Kota Semarang berdasarkan pada SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Gedung dan Struktur Lain

4. Perhitungan pengaruh beban gempa berdasarkan pada SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
5. Perhitungan struktur Gedung UKM Politeknik Pekerjaan Umum, Kota Semarang berdasarkan pada SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
6. Data tanah yang digunakan merupakan data dari pengujian SPT (*Standar Penetration Test*)
7. Metode pelaksanaan pekerjaan fondasi dilapangan menggunakan metode casing

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan langkah-langkah dalam analisis fondasi:

### 1. Analisis pembebanan struktur atas bangunan gedung

Analisa struktur atas bangunan menggunakan *Software Robot Structural Analysis Professional 2018*. Hasil dari analisa tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 1** Hasil analisis menggunakan *Software Robot Structural Analysis Professional 2018*

	ASD	LFRD
Joint		70
Fz (kN)	4650,49	6082,07
Fx (kN)	4,39	5,16
Fy (kN)	-37,69	-51,39
Mx (kN)	-111,29	-132,80
My (kN)	30,91	50,04

### 2. Analisis kapasitas daya dukung tiang tunggal fondasi

- a. Metode API 2 (2007) (tiang pancang)

1. Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ )

Contoh pada kedalaman 36 m

$$q_p = 9c_u = 9.264 = 2376 \text{ kN/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4}\pi \cdot d^2 = \frac{1}{4}\pi \cdot 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 2376 \cdot 0,283 = 671,46 \text{ kN}$$

2. Daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ )

Kedalaman 36,0 m

$$f_{av} = 0,5(c_u \sigma'_v)^{0,5}$$

$$f_{av} = 0,5(c_u)^{0,75}(\sigma'_v)^{0,5}$$

$$f_{av} = 0,5(264 \cdot 346,62)^{0,5}$$

$$= 151,25 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{av} = 0,5(264)^{0,75}(346,62)^{0,5} \left. \vphantom{f_{av}} \right\} \text{Pilih nilai terbesar}$$

$$= 141,30 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga,

Kedalaman 35,5 m

$$Q_s = (\sum f_{av} \cdot z) \cdot \pi \cdot D$$

$$Q_s = (146,58 + 1600,27 \cdot 0,5) \cdot 3,14 \cdot 0,6 = (1673,56) \cdot 3,14 \cdot 0,6$$

Kedalaman 36,0 m

$$Q_s = (\sum f_{av} \cdot z) \cdot \pi \cdot D$$

$$Q_s = (151,25 + 1673,56 \cdot 0,5) \cdot 3,14 \cdot 0,6$$

$$= (1824,81) \cdot 3,14 \cdot 0,6$$

$$= 3297,14 \text{ kN}$$

Ket: Nilai 1673,56 didapat dari nilai  $\sum f_{av}$  pada lapisan-lapisan atasnya

3. Kapasitas ultimit tiang tunggal ( $Q_{ult}$ )

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

$$= 671,46 + 3297,14 = 3968,59 \text{ kN}$$

4. Kapasitas yang diijinkan ( $Q_{all}$ )

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} = \frac{3968,59}{3} = 1322,86 \text{ kN}$$

b. Metode Luciano Decourt 1982 (tiang pancang dan Borpile)

Contoh perhitungan fondasi borpile pada kedalaman 33 m

1. Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ )

$$Q_p = \alpha \cdot N_p \cdot k \cdot A_p$$

$$= 0,85 \cdot 31 \cdot 250 \cdot 0,385 = 2508,070 \text{ kN}$$

2. Daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ )

$$A_s = \pi \cdot D \cdot H = 3,14 \cdot 0,70 \cdot 31,5 = 69,237 \text{ m}^2$$

$$Q_s = \beta \cdot \left(\frac{N_s}{3} + 1\right) \cdot A_s$$

$$= 0,80 \cdot \left(\frac{17}{3} + 1\right) \cdot 69,237 = 338,492 \text{ kN}$$

3. Kapasitas ultimit tiang tunggal ( $Q_{ult}$ )

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

$$= 2508,070 + 338,492 = 2846,562 \text{ kN}$$

4. Kapasitas yang diijinkan ( $Q_{all}$ )

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

$$= \frac{2846,562}{3} = 948,85 \text{ kN}$$

c. Metode Reese and Wright (1977) (Bore Pile)

1. Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ )

Kedalaman 33 m

$$q_p = 9c_u = 9 \cdot 192 = 1728 \text{ kN}$$

$$Q_p = q_p \cdot A_p = 1728 \cdot 0,385 = 664,675 \text{ kN}$$

2. Daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ )

$$Q_s = c_u \cdot \alpha \cdot p \cdot \Delta l$$

$$Q_s = 192 \cdot 0,55 \cdot 2,198 \cdot 0,5 = 116,054 \text{ kN}$$

Sehingga daya dukung tiang kumulatif adalah sebagai berikut:

$$Q_s = 2090,430 + 116,054 = 2206,484 \text{ kN}$$

Ket: Nilai 2090,430 (dari hasil kumulatif  $Q_s$  pada kedalaman sebelumnya) Kapasitas ultimit

3. Kapasitas ultimit tiang tunggal ( $Q_{ult}$ )

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

$$= 664,675 + 2090,430 = 2871,159 \text{ kN}$$

4. Kapasitas yang diijinkan ( $Q_{all}$ )

$$Q_{all} = \frac{2871,159}{3} = 957,05 \text{ kN}$$

Diambil daya dukung tiang tunggal berdasarkan metode Luciano Decourt 1982 untuk tiang tunggal eksterior dan interior.

3. Analisis daya dukung kelompok tiang

a. Jumlah tiang

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}}$$

- Tiang interior

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}} = \frac{4650,49}{948,85} = 4,90 \sim 5 \text{ Tiang}$$

- Fondasi tiang (Eksterior)

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}} = \frac{3496,22}{948,85} = 3,68 \sim 4 \text{ Tiang}$$

b. Kelompok tiang aksi tunggal

- Tiang interior

Diketahui:

$$n = 5 \text{ Tiang}$$

$$Q_p = 2508,070 \text{ kN}; Q_s = 338,492 \text{ kN}$$

$$Q_g = \sum Q_u = n (Q_p + Q_s)$$

$$= 5 (2508,070 + 338,492)$$

$$= 14232,81 \text{ kN}$$

- Tiang eksterior

$$n_1 = 2 \text{ Tiang}; n_2 = 2 \text{ Tiang}$$

$$Q_p = 2508,070 \text{ kN}; Q_s = 338,492 \text{ kN}$$

$$Q_g = \sum Q_u = n_1 \cdot n_2 (Q_p + Q_s)$$

$$= 2 \cdot 2 (2508,070 + 338,492)$$

$$= 11386,248 \text{ kN}$$

c. Kelompok tiang aksi blok kesatuan

- Tiang interior

$$Q_{all(g)} = \frac{Q_g}{SF} = \frac{14232,81}{3} = 4744,27 \text{ kN}$$

$$Q_g Q_v = 744,27 \text{ kN} 4650,49 \text{ kN (OK)}$$

- Tiang Eksterior

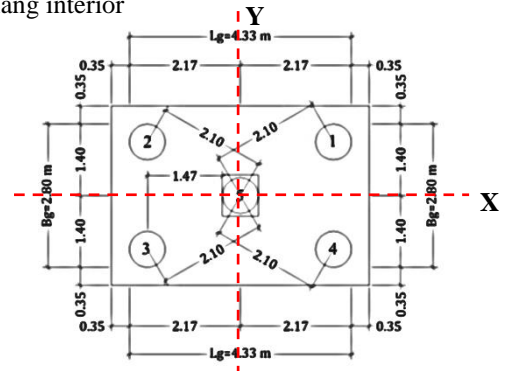
$$Q_{all(g)} = \frac{Q_g}{SF} = \frac{11386,248}{3} = 3795,416 \text{ kN}$$

$$Q_g Q_v = 3795,416 \text{ kN} 3496,22 \text{ kN (OK)}$$

4. Distribusi beban tiang

$$P_{max} = \frac{Q_v}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2}$$

- Tiang interior



Gambar 1 Distribusi tiang interior

a. Distribusi tiang ke-1

$$P_1 = \frac{4650,49}{5} + \frac{30,91 \cdot 1,82}{13,25} + \frac{-111,29 \cdot 1,05}{4,41} = 907,846 \text{ kN}$$

b. Distribusi tiang ke-2

$$P_2 = \frac{4650,49}{5} + \frac{30,91 \cdot -1,82}{13,25} + \frac{-111,29 \cdot 1,05}{4,41} = 899,355 \text{ kN}$$

c. Distribusi tiang ke-3

$$P_3 = \frac{4650,49}{5} + \frac{30,91 \cdot -1,82}{13,25} + \frac{-111,29 \cdot -1,05}{4,41} = 952,350 \text{ kN}$$

d. Distribusi tiang ke-4

$$P_4 = \frac{4650,49}{5} + \frac{30,91 \cdot 1,82}{13,25} + \frac{-111,29 \cdot -1,05}{4,41} = 960,841 \text{ kN}$$

e. Distribusi tiang ke-5

$$P_5 = \frac{4650,49}{5} + \frac{30,91 \cdot 0}{13,25} + \frac{-111,29 \cdot 0}{4,41} = 930,098 \text{ kN}$$

$$\sum P_{max} = 907,846 + 899,355 + 952,350 + 960,841 + 930,098 = 4650,49 \text{ k}$$

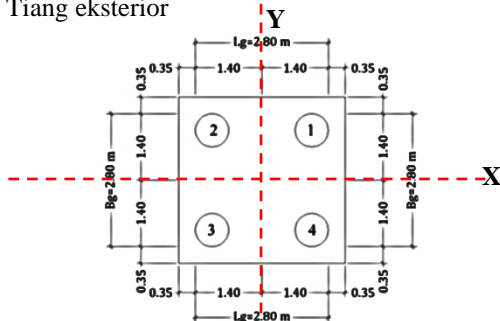
Kontrol:

Diambil  $P_{max} = 960,841 \text{ kN}$  (Tiang No.4)

$$P_{max} \leq Pu = \phi 0,85 [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y \cdot A_{st})]$$

$$P_{max} \leq Pu = 960,841 \text{ kN} \leq 6798,929 \text{ kN} \rightarrow \text{(OK)}$$

- Tiang eksterior



Gambar 2 Distribusi tiang eksterior

a. Distribusi tiang ke-1

$$P_1 = \frac{3496,22}{4} + \frac{30,18 \cdot 1,05}{4,41} + \frac{-272,01 \cdot 1,05}{4,41} = 816,476 \text{ kN}$$

b. Distribusi tiang ke-2

$$P_2 = \frac{3496,22}{4} + \frac{30,18 \cdot -1,05}{4,41} + \frac{-272,01 \cdot 1,05}{4,41} = 802,105 \text{ kN}$$

c. Distribusi tiang ke-3

$$P_3 = \frac{3496,22}{5} + \frac{-272,01 \cdot -1,05}{4,41} + \frac{30,18 \cdot -1,05}{4,41} = 931,634 \text{ kN}$$

d. Distribusi tiang ke-4

$$P_4 = \frac{3496,22}{5} + \frac{-272,01 \cdot 1,05}{4,41} + \frac{30,18 \cdot -1,05}{4,41} = 946,005 \text{ kN}$$

$$\sum P_{max} = 816,476 + 802,105 + 931,634 + 946,005 = 3496,22 \text{ kN}$$

Kontrol:

Diambil  $P_{max} = 946,005 \text{ kN}$  (Tiang No.4)

$$P_{max} \leq Pu = \phi 0,85 [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + (f_y \cdot A_{st})]$$

$$P_{max} \leq Pu = 946,005 \text{ kN} \leq 6798,929 \text{ kN} \rightarrow \text{(OK)}$$

## 5. Penulangan fondasi bore pile

a. Tulangan longitudinal

Dipakai  $\rho_{min} = 0,01$

Diameter tiang = 700 mm

$$A_s \text{ perlu} = A_s' = \rho \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= 0,01 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 700^2$$

$$= 3848,451 \text{ mm}^2$$

As pakai  $\geq$  As perlu sehingga dipakai tulangan 14D19

$$A_{st} \text{ pakai} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 14 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 = 3969,402 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan sengkang atau transversal

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

$$= 0,45 \cdot \left( \frac{384845,100}{237582,944} - 1 \right) \cdot \left( \frac{30}{420} \right) = 0,021$$

Jika digunakan tulangan geser spiral D13, maka

$$A_s = 0,25 \cdot \pi \cdot 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{4 \cdot A_s (f_y - d \text{ sengkang})}{f_y^2 \cdot \rho_s} = \frac{4 \cdot 132,732 (400 - 13)}{400^2 \cdot 0,021}$$

$$= 61,152 \text{ mm} = 6,115 \text{ cm}$$

Digunakan jarak tulangan geser 10 cm

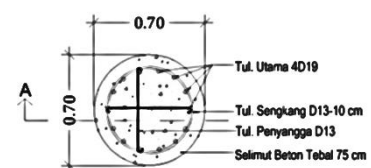
Kontrol :

a.  $S \leq 16 D_{tul. utama} = 16 \cdot 19 = 304 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} \leq 304 \text{ mm}$  (OK)

b.  $s \leq 48 D_{tul. utama} = 48 \cdot 19 = 624 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} \leq 624 \text{ mm}$  (OK)

c.  $s \leq d/2 = 602,5/2 = 301,25 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} \leq 301,25 \text{ mm}$  (OK)

d.  $s \leq D \text{ kolom} = 602,5/2 = 301,25 \text{ mm}$   
 $100 \text{ mm} \leq 700 \text{ mm}$  (OK)



Gambar 3 Detail Penulangan Borepile

## 6. Tulangan Pile Cap

### Arah X

$$M_u = 803,330 \text{ kN.m} = 803330000 \text{ N.mm}$$

- a. Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,003$$

- b. Menghitung nilai  $m$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{420}{0,85 \cdot 30} = 16,471$$

- c. Menghitung tahanan momen  $Rn$

$$Rn = \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} = \frac{803330000}{0,85 \cdot 5040 \cdot 1414^2} = 0,094$$

- d. Rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,471} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,471 \cdot 0,094}{420}} \right) \\ &= 0,000224 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai

$\rho_{min} \rho_{perlu}$  maka digunakan nilai  $\rho_{min} = 0,003$

$$A_{s_{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,003 \cdot 5040 \cdot 1414 = 21379,68 \text{ mm}^2$$

$$b - 2 \cdot d' = (5040 - 2(75)) = 4890 \text{ mm}$$

Asumsi jarak 80 cm, maka

$$4890 : 80 = 61,125 = 62 \text{ bh}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{pakai}} &= n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 62 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \\ &= 23568,228 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}}$  maka,

digunakan tulangan D22-80 cm

Kontrol:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{23568,228 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 5040} = 77,020 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} m_n &= A_s \cdot f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right) \\ &= 23568,228 \cdot 420 \left( 1414 - \frac{1}{2} 77,020 \right) \\ &= 13615502011,3224 \text{ N.mm} \\ &= 13615,502 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi m_n = 0,85 \cdot 13615,502 = 11,573,177 \text{ kN.m}$$

$$m_u \phi m_n$$

$$803,330 \text{ kN.m} < 11,573,177 \text{ kN.m} \text{ (OK)}$$

### Arah Y

$$M_u = 835,850 \text{ kN.m} = 835850000 \text{ N.mm}$$

- a. Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,003$$

- b. Menghitung nilai  $m$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{420}{0,85 \cdot 30} = 16,471$$

- c. Menghitung tahanan momen  $Rn$

$$Rn = \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} = \frac{835850000}{0,85 \cdot 3500 \cdot 1414^2} = 0,140$$

- d. Rasio tulangan perlu

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,471} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,471 \cdot 0,140}{420}} \right) \\ &= 0,000334 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai

$\rho_{min} \rho_{perlu}$  maka digunakan nilai  $\rho_{min} = 0,003$

$$A_{s_{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,003 \cdot 3500 \cdot 1414 = 14847 \text{ mm}^2$$

$$b - 2 \cdot d' = (3500 - 2(75))$$

$$= 3350 \text{ mm}$$

Asumsi jarak 80 cm, maka

$$3350 : 70 = 47,857 = 48 \text{ bh}$$

$$A_{s_t} = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 48 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 = 15965,574 \text{ mm}^2$$

$A_{s_t} > A_{s_{perlu}}$  maka, digunakan tulangan D22-80 cm

Kontrol:

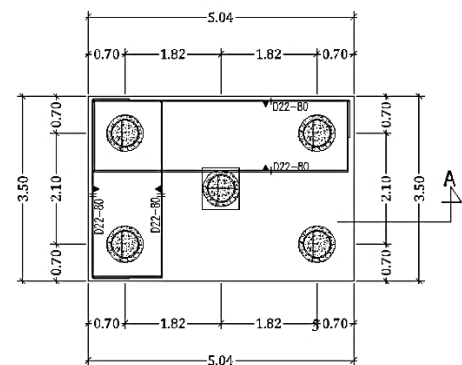
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{15965,574 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 3500} = 75,132 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} m_n &= A_s \cdot f_y \left( d - \frac{1}{2} a \right) \\ &= 15965,574 \cdot 420 \left( 1414 - \frac{1}{2} 75,132 \right) \\ &= 9229732418,500 \text{ N.mm} \\ &= 9229,732 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi m_n = 0,85 \cdot 9229,732 = 7845,272 \text{ kN.m}$$

$$m_u \phi m_n$$

$$835,850 \text{ kN.m} < 7845,272 \text{ kN.m} \text{ OK}$$



Gambar 4 Detail Penulangan Pile Cap

## 7. Penurunan fondasi

a. Penurunan elastis kelompok tiang Menurut Vesic (1969)

- Tiang interior

$$Q_g = 4650,49 \text{ kN}$$

a. Menentukan nilai tekanan dasar fondasi

$$q = \frac{Q_g}{L_g \cdot B_g} = \frac{4650,49}{433 \cdot 280} = 0,0386 \text{ kN/cm}^2$$

b. Menghitung nilai faktor pengaruh

$$I = 1 - \frac{L_g}{8 \cdot B_g} = 1 - \frac{433}{8 \cdot 280} = 0,807$$

Menghitung besar penurunan elastis kelompok tiang

$$\begin{aligned} \overline{N}_{SPT} &= 15 \\ S_{g(e)} &= \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot I}}{\overline{N}_{SPT}} \\ &= \frac{0,92 \cdot 0,0386 \cdot \sqrt{280} \cdot 0,807}{15} = 0,0320 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Tiang eksterior

$$Q_g = 3496,22 \text{ kN}$$

a. Menentukan nilai tekanan dasar fondasi

$$q = \frac{Q_g}{L_g \cdot B_g} = \frac{3496,22}{280 \cdot 280} = 0,0466 \text{ kN/cm}^2$$

Menghitung nilai faktor pengaruh

$$I = 1 - \frac{L_g}{8 \cdot B_g} = 1 - \frac{280}{8 \cdot 280} = 0,875$$

b. Menghitung besar penurunan elastis kelompok tiang

$$\begin{aligned} \overline{N}_{SPT} &= 15 \\ S_{g(e)} &= \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot I}}{\overline{N}_{SPT}} \\ &= \frac{0,92 \cdot 0,0466 \cdot \sqrt{280} \cdot 0,875}{15} = 0,040 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Penurunan konsolidasi kelompok tiang

- Tiang interior

Contoh perhitungan konsolidasi lapisan ke -7 (z = 33,5 m)

$$\Delta p_i = \frac{Q_g}{(B_g + z_i) \cdot (L_g + z_i)}$$

$$\Delta p_7 = \frac{4650,49}{(2,80 + 11) \cdot (4,33 + 11)} = 21,982 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} p_{07} &= \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 + \gamma_4 \cdot h_4 + \gamma_5 \cdot h_5 + \gamma_6 \cdot h_6 + \\ &+ \gamma_7 \cdot h_7 + \gamma_8 \cdot h_8 + \gamma_9 \cdot h_9 + \gamma_{10} \cdot h_{10} + \gamma_{11} \cdot h_{11} + \\ &+ \gamma_{12} \cdot h_{12} + \gamma_{13} \cdot 1,5 \\ &= (16,5 \cdot 4,5) + (17 \cdot 3) + (7,19 \cdot 4,5) + (7,19 \cdot 2) + (7,19 \cdot 4) + \\ &+ (8,19 \cdot 2) + (8,19 \cdot 4) + (8,19 \cdot 2) + (10,19 \cdot 2) + (10,19 \cdot 2) + \\ &+ (11,19 \cdot 1) + (11,19 \cdot 1) + (11,19 \cdot 1,5) \end{aligned}$$

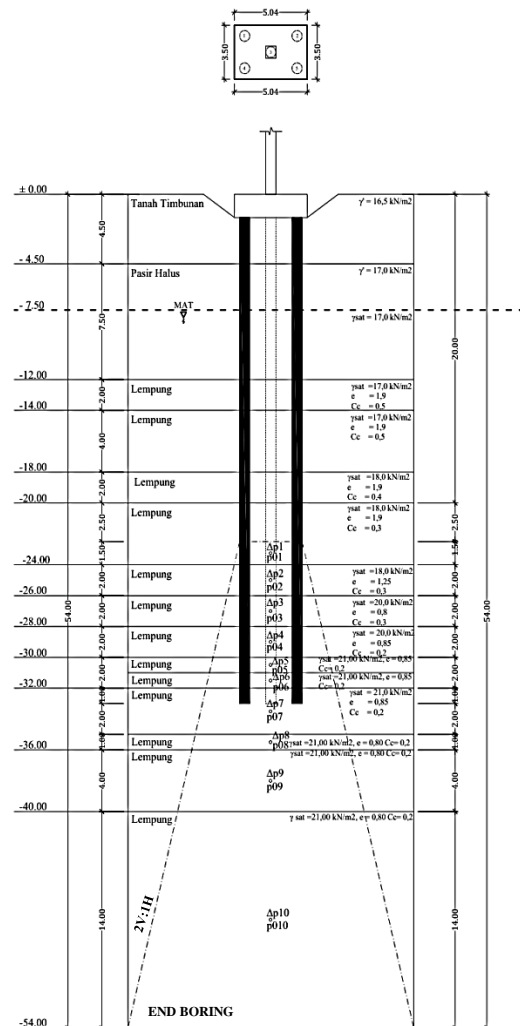
$$p_{07} = 346,19 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta S_{C7} &= \left[ \frac{C_c(\gamma) \cdot H_\gamma}{1 + e_{0(\gamma)}} \right] \log \left[ \frac{P_{o(1)} + \Delta P(\gamma)}{P_{o(\gamma)}} \right] \\ &= \left[ \frac{0,112 \cdot 3}{1 + 0,557} \right] \log \left[ \frac{346,19 + 21,982}{346,19} \right] \end{aligned}$$

$$\Delta S_{C7} = 0,00576 \text{ m} = 0,576 \text{ cm}$$

Maka, besar penurunan konsolidasi totalnya yaitu:

$$\begin{aligned} \Delta S_{C(u)} &= \Delta S_{C(1)} + \Delta S_{C(2)} + \Delta S_{C(3)} + \Delta S_{C(4)} + \\ &+ \Delta S_{C(5)} + \Delta S_{C(6)} + \Delta S_{C(7)} + \Delta S_{C(8)} + \\ &+ \Delta S_{C(9)} + \Delta S_{C(10)} \\ \Delta S_{C(u)} &= 5,570 + 3,860 + 2,100 + 1,000 + 0,333 \\ &+ 0,283 + 0,576 + 0,143 + 0,369 \\ &+ 0,491 = 14,725 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 5 Lapisan Tanah

c. Penurunan total kelompok tiang

- Tiang interior

$$\begin{aligned} \text{Total penurunan keseluruhan} &= S_e + \Delta S_{C(u)} \\ &= 0,032 + 14,725 \\ &= 14,757 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } &14,757 \text{ cm } 15 \text{ cm} + (280/600) \\ &= 14,749 \text{ cm } 15,460 \text{ cm (OK)} \end{aligned}$$

- Tiang eksterior

$$\begin{aligned} \text{Total penurunan keseluruhan} &= S_e + \Delta S_{C(u)} \\ &= 0,040 + 14,264 \\ &= 14,304 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } &14,304 \text{ cm } 15 \text{ cm} + (350/600) \\ &= 14,304 \text{ cm } 15,460 \text{ cm (OK)} \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

- 1) Hasil analisis pembebanan struktur menghasilkan nilai sebagai berikut:
  - a. Tiang Interior  
 $Q_v = 4650,49 \text{ kN}$
  - b. Tiang Eksterior  
 $Q_v = 3496,22 \text{ kN}$
- 2) Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis didapat perbandingan daya dukung fondasi tiang tunggal dan kelompok sebagai berikut:
  - a. Daya dukung tiang tunggal  
Fondasi tiang pancang eksisting
    - Metode API 2007 = 1322,86 kN
    - Metode Luciano Decourt 1982 = 832,15 kN
 Fondasi borpile interior
    - Metode Reese and wright 1977 = 957,09 kN
    - Metode Luciano Decourt 1982 = 948,85 kN
 Fondasi borpile eksterior
    - Metode Reese and wright 1977 = 957,09 kN
    - Metode Luciano Decourt 1982 = 948,85 kN
 Diambil nilai daya dukung tanah berdasarkan metode Luciano Decourt 1982 yaitu Qall = 948,85 kN
  - b. Daya dukung kelompok tiang
    - Fondasi tiang interior  
 $Q_g = 4744,27 \text{ kN}$   
(Jumlah: 5 tiang dalam satu kelompok tiang)
    - Fondasi tiang eksterior  
 $Q_g = 3795,416 \text{ kN}$   
(Jumlah: 4 tiang dalam satu kelompok tiang)
- 3) Perencanaan dimensi fondasi borpile disesuaikan dengan besar beban yang dipikul fondasi dengan kondisi daya dukun tanah. Sehingga didapat dimensi sebagai berikut:
  - a. Fondasi interior
    - Dimensi fondasi tiang  
Diameter : 70 cm  
Tinggi tiang : 31,5 m  
Jumlah tiang dalam 1 pile cap : 5 tiang fondasi
    - Dimensi pile cap  
Panjang : 5,04 m  
Lebar : 3,50 m  
Tebal : 1,50 m
  - b. Fondasi eksterior
    - Dimensi fondasi tiang  
Diameter : 70 cm  
Tinggi tiang : 31,5 m  
Jumlah tiang dalam 1 pile cap : 4 tiang fondasi
    - Dimensi pile cap  
Panjang : 3,50 m  
Lebar : 3,50 m

Tebal : 1,50 m

- 4) Hasil dari analisis penurunan yaitu sebagai berikut:
  1. Fondasi interior : 14,749 cm 15,460 cm (OK)
  2. Fondasi eksterior: : 14,304 cm 15,460 cm (OK)

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jusi, U. (2015). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test). *Jurnal Teknik Sipil Siklus Vol. 1, No. 2*, 50-82.
- [2] Yunaefi., Sholeh, M., Novianto, D. (2012). *Rekayasa Pondasi 1*. Malang : Departemen Pendidikan Nasional Politeknik Negeri Malang Jurusan Teknik Sipil.
- [3] Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. (2019). *Kumpulan Parameter Geoteknik dan Fondasi*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.
- [4] Y. Lastiasih, M. Irsyam, I. D. Sidi and F. Toha, "Reabilitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Berdasarkan Formula Reese Wright dan Usulan Load Resistance Factor Design dalam Perencanaan Pondasi Tiang Bor Studi Kasus Proyek Jakarta," *Jurnal MKTS*, pp. 135-140, 2013.
- [5] I. W. Jawat, P. P. T. Gita and I. M. S. Dharmayoga, "Kajian Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan," *Volume 9 Nomor 2*, pp. 126-142, 2020.
- [6] Hardiyatmo, Christady. *Mekanika Tanah II Edisi 3*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Pres.
- [7] Das, B. M. (2019). *Principles of Foundation Engineering 9<sup>th</sup> Edition*. Printed in the United State of America.
- [8] Das, B. M., Endah, N., Mochtar, I. B. (1993). *Mekanika Tanah Jilid 2*. Surabaya: Erlangga.
- [9] Das, B. M., Endah, N., Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- [10] Reese, L. C., Isenhower, W. M., Wang, S. T. (2006). *Analysis and design of shallow and deep foundations*. Amerika: United State of America.
- [11] Amaretunga, Jay. (2016). *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. New Delhi : Springer Science.
- [12] Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 4153-2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- [13] Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

- [14] Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [15] Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- [16] Badan Standarisasi Nasional. (2017). *SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.