

**PERENCANAAN PONDASI *BORED PILE* PADA PROYEK GEDUNG
RETAIL MITRA 10 SOLO**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I Pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

**MUHAMMAD TAUFIQ ALFIAN
D100150117**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PERENCANAAN PONDASI BORED PILE PADA PROYEK GEDUNG RETAIL
MITRA 10 SOLO**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

MUHAMMAD TAUFIQ ALFIAN

D100150117

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing,



Anto Budi Listyawan, S.T., M.Sc.

NIK. 913

HALAMAN PENGESAHAN

**PERENCANAAN PONDASI RAKIT GEDUNG 5 LANTAI DAN 1
BASEMENT PADA BANGUNAN HOTEL DI SUKOHARJO**

oleh :

ANTON FIAN WIDIYANTO
NIM : D 100 150 126

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada 8 Agustus 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat



Dewan Penguji:

1. Anto Budi Listyawan, S.T.,M.Sc. (NIK. 913)
(Dosen Pembimbing)
2. Agus Susanto, S.T.,M.T. (NIK.787)
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Renaningsih, MT. (NIK. 650)
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)



Dekan Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.,IPM
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan Saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 Agustus 2020

Penulis,



MUHAMMAD TAUFIQ ALFIAN

PERENCANAAN PONDASI *BORED PILE* PADA PROYEK GEDUNG RETAIL MITRA 10 SOLO

Abstrak

Semakin meningkatnya pertumbuhan manusia di era sekarang ini menuntut perkembangan di bidang pembangunan baik infrastruktur dan gedung-gedung bertingkat semakin banyak dilakukan oleh pemerintah maupun swasta demi tercapainya kemakmuran bagi umat manusia khususnya Indonesia sebagai negara yang masih berkembang. Salah satunya adalah retail sebagai tempat menjual berbagai macam kebutuhan manusia, baik kebutuhan yang bersifat primer (pokok) maupun kebutuhan yang bersifat sekunder (pendukung), akan tetapi proyek *retail* MITRA 10 ini merupakan proyek *retail* yang dikhususkan pada bidang properti yang termasuk ke dalam kebutuhan primer manusia yaitu tempat tinggal (papan). Gedung Retail Mitra 10 ini memiliki 2 lantai dengan luas 9.800 m² menggunakan fondasi tiang bor berdiameter 0,6 m. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban aksial terbesar yang diterima oleh kolom, mengetahui nilai kapasitas dukung tiang bor tunggal dan kelompok, mengetahui jumlah tiang yang dibutuhkan untuk mendukung beban kolom terbesar, serta mengetahui kebutuhan tulangan pada *pile cap* dan tiang bor. Perencanaan ulang fondasi menggunakan tiang bor diameter 0,6 m dengan metode *Reese and Wright* dan metode *Alpha* (α). Lapisan tanah yang terdapat dalam Proyek Gedung *retail* Mitra 10 yaitu tanah berlapis dimana kedalaman ± 0 sampai 8,5 meter tanah lanau, kedalaman 8,5 sampai 10,5 meter tanah pasir, kedalaman 10,5 sampai 12,5 meter tanah lanau, kedalaman 12,5 sampai 16 meter tanah keras. Hasil menunjukkan bahwa Gedung 2 Lantai *Retail* Mitra 10 memiliki beban aksial terbesar yang diterima oleh kolom sebesar 9560,13kN. Nilai kapasitas dukung tiang bor tunggal sebesar 3629,36 kN dan nilai kapasitas dukung kelompok tiang bor sebesar 10828,846 kN. Jumlah tiang yang dibutuhkan untuk mendukung beban kolom tersebar sebanyak 10 tiang. Kebutuhan tulangan pada *pile cap* untuk arah 'x' yaitu : tulangan pokok D29-120 dan tulangan bagi D19-100, untuk arah 'y' yaitu : tulangan pokok D22-110 (jalur pusat) dan D22-190 (jalur tepi) sedangkan tulangan bagi : D16-110 (jalur pusat) dan D16-190 (jalur tepi). Kebutuhan tulangan utama tiang bor 16-D15 ($A_s = 9560,13 \text{ mm}^2$) dan tulangan spiral $\emptyset 10-250$ ($A_v = 628,318 \text{ mm}^2$).

Kata Kunci : Fondasi, Kapasitas Dukung, Tiang Bor, *Pile Cap*, Tulangan

Abstract

Increasing human growth in the current era demands developments in the field of development both infrastructure and high buildings are increasingly being done by the government and the private sector for the achievement of prosperity for mankind especially Indonesia as a developing country. One of them is retail as a place to sell various kinds of human needs, both primary needs (primary) and secondary needs (supporting), but the MITRA 10 retail project is a retail project that is specialized in the property sector which is included in the primary needs humans are dwellings (house). Mitra 10 Retail Building has 2 floors with 9.800 m² areas using 0.6 m diameter pillar foundation. This study aims to determine the largest axial load received by the column, determine the value of the supporting capacity of single and group drill piles, determine the number of poles needed to support the largest column load, and determine the reinforcement requirements on the pile cap and drill pole. Re-planning the foundation using a 0.6 m diameter drill pole with the Reese and Wright method and the Alpha (α) method. The layers of soil contained in the Mitra 10 retail building project are layered soils where the depth is ± 0 to 8.5 meters is silt soil, depth of 8.5 to 10.5 meters is sand soil, depth of 10.5 to 12.5 meters is silt soil, depth 12.5 to 16 meters is of hard soil. The results show that the 2nd Floor of Mitra 10 Retail Building has the largest axial load received by the column of 9688.4863 kN. The value of the carrying

capacity of a single drill pole is 3629,36 kN and the value of the carrying capacity of the drill pole group is 10828,846 kN. The number of poles needed to support the load of columns is spread by 10 poles. The need for reinforcement in the pile cap for the 'x' direction, namely: main reinforcement D29-120 and reinforcement for D19-100, for 'y' direction namely: main reinforcement D22-110 (central lane) and D22-190 (edge lane) while reinforcement for: D16-110 (center lane) and D16-190 (edge lane). The main reinforcement needs of the 15-D16 drill pole ($A_s = 11039 \text{ mm}^2$) and spiral reinforcement $\text{Ø}10\text{-}250$ ($A_v = 628,318 \text{ mm}^2$).

Keywords: Foundation, Bearing Capacity, Bored Pile, Pile Cap, Reinforcement

1. PENDAHULUAN

Fondasi merupakan suatu bagian dari bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas kedalam tanah yang cukup kuat mendukungnya (Hardiyatmo, 2015). Fondasi sendiri dapat dibedakan menjadi dua yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Untuk fondasi dangkal digunakan pada beban konstruksi yang ringan, sedangkan untuk fondasi dalam digunakan pada beban konstruksi yang berat. Gedung *Retail MITRA 10* dan beban yang tinggi termasuk dalam beban konstruksi yang berat, maka fondasi yang cocok digunakan untuk bangunan gedung tersebut yaitu fondasi dalam.

Perencanaan struktur bawah untuk suatu konstruksi bangunan dengan tepat mutlak diperlukan untuk dapat menjaga kestabilan konstruksi yang ditahan. Kesalahan dalam perhitungan struktur bawah akan menyebabkan bangunan yang kokoh pada struktur atas menjadi runtuh dan berakibat fatal bagi penggunaannya (Harianti dan Pamungkas, 2013). Oleh karena itu perlu direncanakan fondasi dengan baik agar terhindar dari penurunan akibat beban struktur di atasnya. Hal tersebut dapat diatasi dengan penggunaan fondasi tiang bor yang mampu meneruskan beban-beban bangunan ke dalam tanah yang cukup kuat.

Selain itu, untuk mengetahui keberadaan lapisan tanah keras dilakukan penyelidikan tanah seperti *Standart Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT) yang menjadi dasar perhitungan untuk menentukan kuat dukung pada fondasi. Lapisan tanah yang terdapat dalam Proyek Gedung *Retail Mitra 10* yaitu tanah berlapis dimanakedalaman ± 0 sampai 8,5 meter tanah lanau, kedalaman 8,5 sampai 10,5 meter tanah pasir, kedalaman 10,5 sampai 12,5 meter tanah lanau, dan kedalaman 12,5 sampai 16 tanah keras. Fondasi yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu fondasi tiang bor dengan diameter 0,6 meter pada kedalaman 16 meter. Hal ini lah yang mendasari penulis dalam melakukan Perencanaan Ulang Fondasi Tiang Bor pada Gedung *Retail Muitra 10* Solo dengan benar.

2. METODE

Data yang diperoleh dari proyek Gedung *retail* Mitra 10 solo digunakan untuk sarana agar tercapainya tujuan penelitian ini. Tahap-tahap penelitian ini diuraikan sebagai berikut :

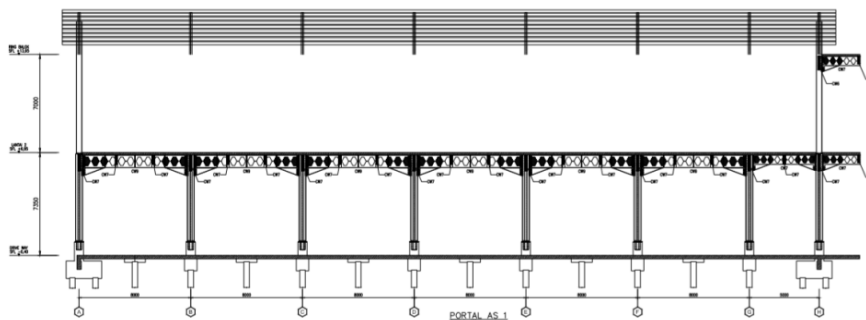
Tahap pertama dilakukan studi literatur untuk mencari informasi terkait dengan topik penelitian yang sama. Tahap kedua dilakukan pengumpulan data meliputi gambar teknik, data penyelidikan tanah dengan sondir, dan data penyelidikan tanah dengan SPT. Tahap ketiga dilakukan membuat permodelan Struktur Atas dengan *software SAP 2000 versi 20*, memasukkan beban sesuai dengan SNI 2847-2013 lalu dianalisis beban-beban struktur dengan *software SAP 2000 versi 20* dan mengetahui nilai beban yang terjadi di kolom. Tahap keempat dilakukan perhitungan kapasitas dukung fondasi tiang tunggal bor dan tiang bor kelompok berdasarkan data hasil uji lapangan SPT dengan Metode *Reese and Wright* dan Metode *Alpha (α)* lalu menghitung berapa jumlah tiang yang dibutuhkan dibantu dengan program *Microsoft Excel 2013* dan menghitung efisiensi kelompok tiang bor. Tahap kelima dilakukan perhitungan kebutuhan tulangan pada *pile cap* dengan menggunakan program *Microsoft Excel 2013*, serta menghitung kebutuhan tulangan tiang bor dengan menggunakan *software SP Column*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

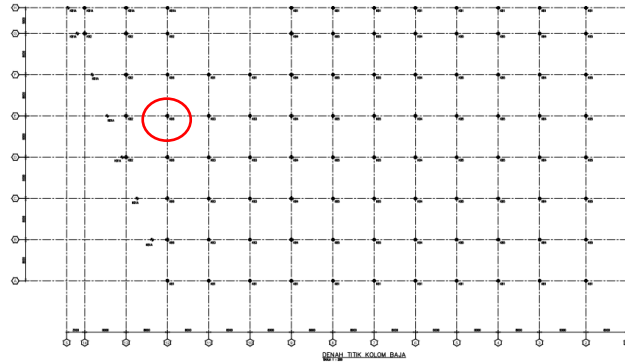
Perencanaan fondasi tiang bor pada Gedung *Retail* Mitra 10 meliputi perhitungan pembebanan dari struktur atas, perhitungan kapasitas dukung fondasi tiang bor tunggal dan kelompok tiang bor, serta perhitungan penulangan *pile cap* dan tiang bor.

3.1 Perhitungan pembebanan dari struktur atas

Membuat permodelan atap dan gedungnya di *software SAP 2000 versi 20* lalu memasukkan semua beban-beban yang ada seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa dinamis lalu di *analysis* dan mendapatkan beban aksial kolom terbesar sebesar 9560,13 kN.



Gambar 1. Potongan Portal Struktur Atas



Gambar 2. Kolom yang menerima beban terbesar

3.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Bor Tunggal

3.2.1 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data *N-SPT*

a) Tahanan Gesek Ultimit (Q_s)

Lanau pada kedalaman ± 0 meter sampai 8,5 meter

$$\text{Diameter (d)} = 0,6$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \cdot d \cdot t \\ &= \pi \cdot 0,6 \cdot (8,5 - 0) \\ &= 16,014 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = \frac{5+5,5+5+17}{4} = 8,125$$

$$\begin{aligned} N_{60} &= 1/0,6 \cdot E_f \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r \cdot N_{\text{rata-rata}} \\ &= 1/0,6 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 8,125 = 7,921875 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_u &= 7 \cdot N_{60} \\ &= 7 \cdot 7,921875 \\ &= 55,453 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\alpha = 0,55 \text{ karena } C_u/pr < 1,5 \rightarrow 55,453/100 = 0,554$$

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \cdot C_u \cdot \alpha \\ &= 16,014 \cdot 55,453 \cdot 0,55 \\ &= 488,41 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pasir pada kedalaman 8,5 meter sampai 10,5 meter

$$\text{Diameter (d)} = 0,6$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \cdot d \cdot t \\ &= \pi \cdot 0,6 \cdot (10,5 - 8,5) \\ &= 3,768 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = \frac{28}{1} = 28$$

$$\begin{aligned} N_{60} &= 1/0,6 \cdot E_f \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r \cdot N_{\text{rata-rata}} \\ &= 1/0,6 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 27,3 \\
f_s &= N_{60}/34 \\
&= 27,3/34 \text{ (tsf)} \\
&= 0,802 \times 105,6 \text{ kPa} \\
&= 84,79 \text{ kPa} \\
Q_s &= A_s \cdot f_s \\
&= 3,768 \cdot 84,79 \\
&= 319,49 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Lanau pada kedalaman 10,5 meter sampai 12,5 meter

$$\text{Diameter (d)} = 0,6$$

$$\begin{aligned}
A_s &= \pi \cdot d \cdot t \\
&= \pi \cdot 0,6 \cdot (12,5 - 10,5) \\
&= 3,76 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = \frac{50}{1} = 50$$

$$\begin{aligned}
N_{60} &= 1/0,6 \cdot E_f \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r \cdot N_{\text{rata-rata}} \\
&= 1/0,6 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 50 \\
&= 48,75
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_u &= 7 \cdot N_{60} \\
&= 7 \cdot 48,75 \\
&= 341,25 \text{ kPa}
\end{aligned}$$

karena C_u lebih dari 2,5 maka di cari pada grafik factor Adhesi (Tomlinson 1977) yaitu 0,75

$$\begin{aligned}
Q_s &= A_s \cdot C_u \cdot \alpha \\
&= 3,76 \cdot 341,25 \cdot 0,75 = 964,3725 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Pasir pada kedalaman 12,5 meter sampai 16 meter

$$\text{Diameter (d)} = 0,6$$

$$\begin{aligned}
A_s &= \pi \cdot d \cdot t \\
&= \pi \cdot 0,6 \cdot (16 - 12,5) \\
&= 6,59 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = \frac{50+50}{3} = 50$$

$$\begin{aligned}
N_{60} &= 1/0,6 \cdot E_f \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r \cdot N_{\text{rata-rata}} \\
&= 1/0,6 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 50 \\
&= 48,75
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= N_{60}/34 \\
 &= 48,75/34 \text{ (tsf)} \\
 &= 1,43 \times 105,6 \text{ kPa} \\
 &= 151,41 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 6,59 \cdot 151,41 \\
 &= 997,79 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Total } Q_{s1} \text{ (lanau)} = 488,41 + 964,3725 = 1452,78 \text{ KN}$$

$$\text{Total } Q_{s2} \text{ (pasir)} = 319,49 + 997,79 = 1317,28 \text{ KN}$$

b) Tahanan Ujung Ultimit (Q_b)

$$\text{Diameter (d)} = 0,6$$

$$\begin{aligned}
 A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,6^2 \\
 &= 0,282 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$N = 50$$

$$\begin{aligned}
 N_{60} &= 1/0,6 \cdot E_f \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r \cdot N \\
 &= 1/0,6 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 50 \\
 &= 48,75
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= 2/3 \cdot N_{60} \\
 &= 2/3 \cdot 48,75 \text{ (tsf)} \\
 &= 32,5 \times 105,6 \text{ kPa} \\
 &= 3432 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_b &= A_b \cdot f_b \\
 &= 0,282 \cdot 3432 \\
 &= 967,82 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c) Kapasitas Dukung Ultimit Netto (Q_u)

$$\text{Diameter (d)} = 0,6$$

Berat Tiang Bor :

$$\begin{aligned}
 W_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,6^2 \cdot 16 \cdot 24 \\
 &= 108,52 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_{s1} + Q_{s2} + Q_b - W_p \\
 &= 1452,78 + 1317,28 + 967,82 - 108,52 \\
 &= 3629,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d) Kapasitas Dukung Ijin (Qa)

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_u/SF \\ &= 3629,36/2,5 \\ &= 1475,744 \text{ KN} \end{aligned}$$

e) Jumlah Tiang Bor

$$\begin{aligned} n &= P/Q_a \\ &= 9560,13 / 1475,744 \\ &= 6,54 \text{ dibulatkan menjadi 10 tiang} \end{aligned}$$

f) Efisiensi Tiang Tunggal (Eg)

$$\text{Diameter (d)} = 0,6$$

$$\begin{aligned} s &= 2,5.d \\ &= 2,5.0,6 = 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$m = 2$$

$$n = 5$$

$$\theta = \arctg 0,6/1,8 = 18,43^\circ$$

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \frac{(n-1)m+(m-1)n}{90mn} \\ &= 1 - 18,43 \frac{(5-1)2+(2-1)5}{90.2.5} \\ &= 0,734 \end{aligned}$$

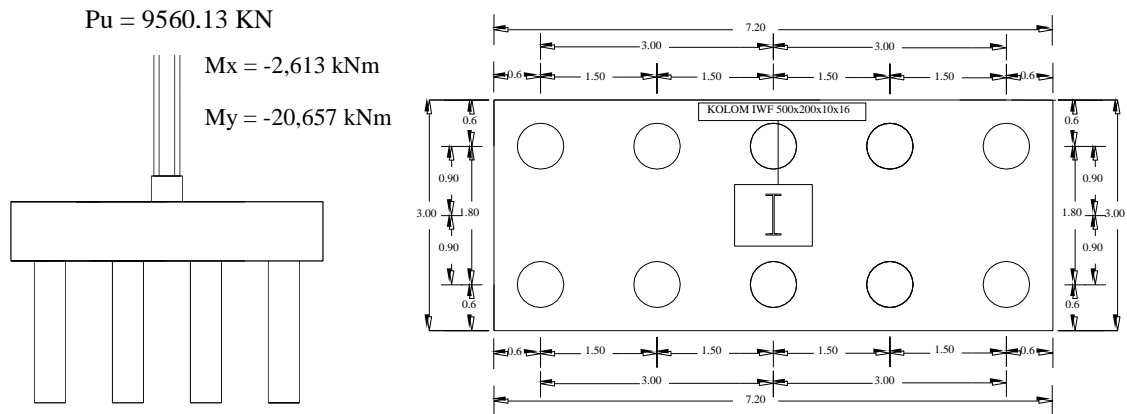
$$\begin{aligned} Q &= E_g \times n \times Q_a \\ &= 0,734 \times 10 \times 1475,744 \\ &= 10828,846 \text{ KN} \dots\dots\dots (I) \end{aligned}$$

g) Kapasitas Dukung Kelompok Tiang (Q)

$$\begin{aligned} Q &= m.n.Q_u/SF \\ &= 2.5.3629,36 / 2,5 \\ &= 14517,44 \text{ KN} \dots\dots\dots (II) \end{aligned}$$

Untuk kapasitas dukung kelompok tiang digunakan nilai yang terkecil dari (I) dan (II), yaitu $Q = 10828,846 \text{ kN} > P_u = 9560,13 \text{ KN}$ (Aman)

3.2.2 Perhitungan Beban Maksimum Pada Kelompok Tiang



Gambar 2. Perletakan Tiang

$$\begin{aligned}
 P_u &= \text{Beban aksial} + \text{Beban } Pile \text{ cap} \\
 &= 9560,13 + (3 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 2,4) \\
 &= 9560,13 + 712,8 \\
 &= 10401,29 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$M_x = 2,613 \text{ kN}$$

$$M_y = -20,657 \text{ kN}$$

$$X^{(+)} = 2,7 \text{ m}$$

$$X^{(-)} = -2,7 \text{ m}$$

$$Y^{(+)} = 0,9 \text{ m}$$

$$Y^{(-)} = -0,9 \text{ m}$$

$$\sum X^2 = (2 \cdot -2,7^2) + (2 \cdot 2,7^2) + (2 \cdot -0,9^2) + (2 \cdot 0,9^2) = 32,4 \text{ m}^2$$

$$\sum Y^2 = (4 \cdot -2,7^2) + (4 \cdot 0,9^2) = 32,4 \text{ m}^2$$

$$n_x = 5 \text{ tiang}$$

$$n_y = 2 \text{ tiang}$$

$$n = 10 \text{ tiang}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 1 :

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{P_u}{n} + \frac{M_y \cdot X \text{ max}}{n_y \cdot \sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y \text{ max}}{n_x \cdot \sum Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657 \cdot (-3,00)}{2,39,24} + \frac{2,613 \cdot (0,9)}{5,39,24} \\
 &= 1077,724 \text{ kN} < Q_a = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 2 :

$$\begin{aligned}
 P_2 &= \frac{P_u}{n} + \frac{M_y \cdot X \text{ max}}{n_y \cdot \sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y \text{ max}}{n_x \cdot \sum Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657 \cdot (-0,9)}{2,39,24} + \frac{2,613 \cdot (0,9)}{5,39,24} \\
 &= 1077,15 \text{ kN} < Q_a = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 3 :

$$\begin{aligned}
 P3 &= \frac{Pu}{n} + \frac{My.X \max}{ny.\Sigma X^2} + \frac{Mx.Y \max}{nx.\Sigma Y^2} = \frac{10768,49}{10} + \frac{-20,657.(0,9)}{2.32,4} + \frac{2,613.(0,9)}{5.32,4} \\
 &= 1076,577 \text{ kN} < Qa = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 4 :

$$\begin{aligned}
 P4 &= \frac{Pu}{n} + \frac{My.X \max}{ny.\Sigma X^2} + \frac{Mx.Y \max}{nx.\Sigma Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657.(-0,9)}{2.39,24} + \frac{2,613.(0,9)}{5.39,24} \\
 &= 1076,003 \text{ kN} < Qa = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 5 :

$$\begin{aligned}
 P5 &= \frac{Pu}{n} + \frac{My.X \max}{ny.\Sigma X^2} + \frac{Mx.Y \max}{nx.\Sigma Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657.(-0,9)}{2.39,24} + \frac{2,613.(0,9)}{5.39,24} \\
 &= 1077,695 \text{ kN} < Qa = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 6 :

$$\begin{aligned}
 P6 &= \frac{Pu}{n} + \frac{My.X \max}{ny.\Sigma X^2} + \frac{Mx.Y \max}{nx.\Sigma Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657.(-0,9)}{2.39,24} + \frac{2,613.(0,9)}{5.39,24} \\
 &= 1077,121 \text{ kN} < Qa = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 7 :

$$\begin{aligned}
 P7 &= \frac{Pu}{n} + \frac{My.X \max}{ny.\Sigma X^2} + \frac{Mx.Y \max}{nx.\Sigma Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657.(-0,9)}{2.39,24} + \frac{2,613.(0,9)}{5.39,24} \\
 &= 1077,121 \text{ kN} < Qa = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 8 :

$$\begin{aligned}
 P8 &= \frac{Pu}{n} + \frac{My.X \max}{ny.\Sigma X^2} + \frac{Mx.Y \max}{nx.\Sigma Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657.(-3)}{2.39,24} + \frac{2,613.(0,9)}{5.39,24} \\
 &= 1076,003 \text{ kN} < Qa = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 4 :

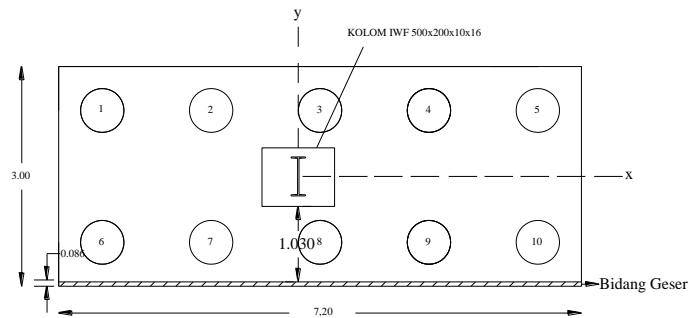
$$\begin{aligned}
 P9 &= \frac{Pu}{n} + \frac{My.X \max}{ny.\Sigma X^2} + \frac{Mx.Y \max}{nx.\Sigma Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657.(-3)}{2.39,24} + \frac{2,613.(0,9)}{5.39,24} \\
 &= 1077,121 \text{ kN} < Qa = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang didukung oleh tiang no 5 :

$$\begin{aligned}
 P10 &= \frac{Pu}{n} + \frac{My.X \max}{ny.\Sigma X^2} + \frac{Mx.Y \max}{nx.\Sigma Y^2} = \frac{10401,29}{10} + \frac{-20,657.(-3)}{2.39,24} + \frac{2,613.(-0,9)}{5.39,24} \\
 &= 1076,577 \text{ kN} < Qa = 1475,744 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3.2.3 Perencanaan *Pile Cap*

a) Kontrol tegangan geser 1 arah



Gambar 3. Tegangan Geser Satu Arah

Tegangan geser 1 arah terjadi pada satu sisi saja, maka diperhitungkan terhadap daya dukung tiang bor yang terbesar pada satu sisi.

Data – data :

$$D_{tul.} = 22 \text{ mm}$$

$$S_b = 75 \text{ mm}$$

$$d_s = 75 + D/2 = 75 + 22/2 = 86 \text{ mm}$$

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 1500 - 86 = 1414 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} V_u &= V_u = \sum P_u = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \\ &= 1077,724 + 1077,15 + 1076,577 + 1076,003 + 1077,695 \\ &= 4307,454 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum P_u &= P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} \\ &= 1077,121 + 1077,121 + 1076,003 + 1077,121 + 1076,577 \\ &= 4307,941 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\sum P_u = P_1 + P_6 = 1077,724 + 1077,121 = 2155,419 \text{ kN}$$

$$\sum P_u = P_2 + P_7 = 1077,15 + 1077,121 = 2154,272 \text{ kN}$$

$$\sum P_u = P_3 + P_8 = 1076,577 + 1076,003 = 2153,698 \text{ kN}$$

$$\sum P_u = P_4 + P_9 = 1076,003 + 1077,121 = 2152,006 \text{ kN}$$

$$\sum P_u = P_5 + P_{10} = 1077,695 + 1076,577 = 2153,698 \text{ kN}$$

Dipilih V_u terbesar = 4307,941 kN

Tegangan geser yang mampu ditahan oleh beton (V_c)

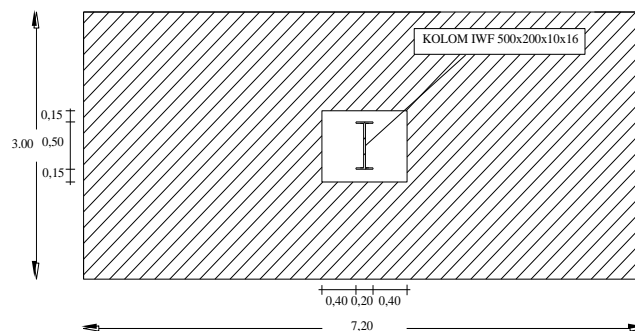
$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot L \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{35} \cdot 6600 \cdot 1414 \\ &= 9385908 \text{ N} = 9385,908 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 9385,9 = 7039,431 \text{ kN}$$

Kontrol : $V_u = 4307,941 \text{ kN} < \phi V_c = 7039,431 \text{ kN}$ (Aman)

Jadi konstruksi *poer* fondasi aman terhadap tegangan geser 1 arah

b) Kontrol tegangan geser 2 arah



Gambar 4. Tegangan Geser Dua Arah

$$\beta_c = L/B = 7,2/3 = 3,6$$

$$b_o = 2 \cdot \{(b_k+d)+(h_k+d)\} = 2 \cdot \{(500+1414)+(200+1414)\} = 7056 \text{ mm}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk fondasi dengan letak kolom pada tepi bangunan)}$$

Tegangan yang terjadi pada tanah V_u (semua reaksi yang terjadi pada arah x dan arah y).

$$\begin{aligned} V_u &= \sum P_u = P_1+P_2+P_3+P_4+ P_5+P_6+P_7+P_8+P_9+P_{10} \\ &= 1077,724+1077,15+1076,577+1076,003+1077,695+1077, \\ &+1077,121+1076,003+1077,724+1076,577 \\ &= 10769,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

121

Menghitung tegangan geser terkecil yang dapat ditahan oleh *poer* V_c :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{3,6}\right) \cdot \sqrt{35} \cdot 7056 \cdot 1414 \\ &= 19156560,46 \text{ N} = 191156,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(2 + \frac{\alpha_s \cdot d}{b_o}\right) \cdot \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ &= \left(2 + \frac{30 \cdot 1414}{7056}\right) \cdot \frac{1}{12} \cdot \sqrt{35} \cdot 7056 \cdot 1414 \end{aligned}$$

$$= 39409101,73 \text{ N} = 39409,102 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ &= 1/3 \cdot \sqrt{35} \cdot 7056 \cdot 1414 \\ &= 19675272,18 \text{ N} = 19675,72 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dipilih nilai V_c yang terbesar yaitu 39409,102 kN

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 39409,102 = 29556,83 \text{ kN}$$

Kontrol : $V_u = 9685,4 \text{ kN} < \phi V_c = 29556,83 \text{ kN}$ (Aman)

Jadi konstruksi *poer* fondasi aman terhadap tegangan geser 2 arah

3.2.4 Perhitungan Penulangan *Pile Cap*

a) Perhitungan tulangan *poer* (arah x) :

Data-data :

$$M_u = \sum P_u \cdot l_y$$

$$\sum P_u = P_5 + P_6 + P_7 + P_8 = 4307,941 \cdot (0,9) = 3877,15 \text{ kN}$$

Dipilih M_u terbesar yaitu = 3877,15 kN

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d_s = 75 + D/2 = 75 + 29/2 = 89,5 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 1500 - 89,5 = 1410,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \cdot \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) = 0,85 - 0,05 \cdot \left(\frac{35 - 28}{7} \right) = 0,8$$

Menghitung faktor pikul (K) dengan $b = 3000 \text{ mm}$:

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{3877,15 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 3000 \cdot 1410,5^2} = 0,72177 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} K_{\text{maks}} &= \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1) \cdot f'_c}{(600 + f_y)^2} = \frac{382,5 \cdot 0,8 \cdot (600 + 400 - 225 \cdot 0,8) \cdot 35}{(600 + 400)^2} \\ &= 47,33820 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,72177}{0,85 \cdot 35}} \right) \cdot 1410,5 = 34,64 \text{ mm}$$

Perhitungan tulangan pokok (bawah) :

$$A_{s,u} = (0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) / f_y = (0,85 \cdot 35 \cdot 34,64 \cdot 3000) / 400 = 7729,05 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,u} = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 3000 \cdot 1410,5}{400} = 14810,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,u} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{f_y} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{35} \cdot 3000 \cdot 1410,5}{400} = 15646,18 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, yaitu $A_{s,u} = 15646,18 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan pokok (s) dipakai D29 :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2 \cdot 3000}{15646,18} = 126,58 \text{ mm}$$

$$s = 2 \cdot h = 2 \cdot 1500 = 3000 \text{ mm}$$

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

Dipilih yang kecil, yaitu $s = 120 \text{ mm} < 126,58 \text{ mm}$

$$\text{Luas Tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot 3000}{120} = 16504,63 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (Oke)}$$

Jadi dipakai tulangan pokok D29-120

Perhitungan tulangan bagi (atas) :

$$A_{s,b} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 15646,18 = 3129,24 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,b} = \{0,002 - (f_y - 350) / 350000\} \cdot b \cdot h$$

$$= \{0,002 - (400 - 350) / 350000\} \cdot 3000 \cdot 1500 = 8357,143 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, yaitu $A_{s,b} = 8357,143 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan bagi (s) dipakai D19 :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,b}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 \cdot 3000}{8357,143} = 101,73 \text{ mm}$$

$$s = 5 \cdot h = 5 \cdot 1500 = 7500 \text{ mm}$$

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

Dipilih yang kecil, yaitu $s = 100 \text{ mm} < 101,73 \text{ mm}$

$$\text{Luas Tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 3000}{70} = 8616,94 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (Oke)}$$

Jadi dipakai tulangan bagi D19-100

b) Perhitungan tulangan *poer* (arah y) :

Data-data :

$$M_u = \sum P_u \cdot l_x$$

$$\sum P_u = P_1 + P_5 = 2155,419 \cdot (2,7) = 5819,63 \text{ kN}$$

$$\sum P_u = P_2 + P_6 = 2154,272 \cdot (0,9) = 1938,84 \text{ kN}$$

$$\sum P_u = P_3 + P_7 = 2153,698 \cdot (0,9) = 1938,33 \text{ kN}$$

$$\sum P_u = P_4 + P_8 = 2152,006 \cdot (2,7) = 5810,42 \text{ kN}$$

Dipilih M_u terbesar yaitu = 5819,63 kNm

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d_s = 75 + 22 + D/2 = 75 + 22 + 22/2 = 108 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 1500 - 108 = 1392 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \cdot \left(\frac{f'_c - 28}{7}\right) = 0,85 - 0,05 \cdot \left(\frac{35 - 28}{7}\right) = 0,8$$

Menghitung faktor pikul (K) dengan $b = 3000$ mm :

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{5819,63 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 3000 \cdot 1392^2} = 1,1124 \text{ Mpa}$$

$$K_{\text{maks}} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot (600 + fy - 225 \cdot \beta_1) \cdot f'_c}{(600 + fy)^2} = \frac{382,5 \cdot 0,8 \cdot (600 + 400 - 225 \cdot 0,8) \cdot 35}{(600 + 400)^2}$$

$$= 47,33820 \text{ MPa}$$

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

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,1124}{0,85 \cdot 35}}\right) \cdot 1392$$

$$= 53,06 \text{ mm}$$

Perhitungan tulangan pokok (bawah) :

$$As,u = (0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) / fy = (0,85 \cdot 35 \cdot 53,06 \cdot 3000) / 400 = 11839,012 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{fy} = \frac{1,4 \cdot 3000 \cdot 1392}{400} = 14616 \text{ mm}^2$$

$$As,u = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d}{fy} = \frac{0,25 \cdot \sqrt{35} \cdot 3000 \cdot 1392}{400} = 15685,006 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, yaitu $As,u = 15685,006 \text{ mm}^2$

Untuk Jalur Pusat Selebar B : 3 m

$$As,\text{pusat} = (2 \cdot B \cdot As,u) / (L+B)$$

$$= (2 \cdot 3000 \cdot 15685,006) / (6600+3000) = 9803,13 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan jalur pusat (s) dipakai D22 :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{As,u} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot 3000}{9803,13} = 116,27 \text{ mm}$$

$$s = 3 \cdot h = 3 \cdot 1500 = 4500 \text{ mm}$$

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

Dipilih yang kecil, yaitu $s = 110 \text{ mm} < 116,27 \text{ mm}$

$$\text{Luas Tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot 3000}{110} = 10362 \text{ mm}^2 > As,\text{pusat (Oke)}$$

Jadi dipakai tulangan D22-110

Untuk Jalur Tepi

$$As,\text{tepi} = As,u - As,\text{pusat}$$

$$= 15685,006 - 9803,13 = 5881,87 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan jalur tepi (s) dipakai D22 :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{As,u} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot 3000}{5881,87} = 193,78 \text{ mm}$$

$$s = 3 \cdot h = 3 \cdot 1500 = 4500 \text{ mm}$$

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

Dipilih yang kecil, yaitu $s = 190 \text{ mm} < 193,78 \text{ mm}$

$$\text{Luas Tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot 3000}{190} = 5999,053 \text{ mm}^2 > \text{As,tepi (Oke)}$$

Jadi dipakai tulangan pokok D22-190

Perhitungan tulangan bagi (atas) :

$$\text{As,b} = 20\% \cdot \text{As,u} = 20\% \cdot 15685,006 = 3137,0012 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As,b} &= \{0,002 - (f_y - 350) / 350000\} \cdot b \cdot h \\ &= \{0,002 - (400 - 350) / 350000\} \cdot 3000 \cdot 1500 = 8357,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipilih yang terbesar, yaitu $\text{As,b} = 8357,143 \text{ mm}^2$

Untuk Jalur Pusat Selebar B : 3 m

$$\begin{aligned} \text{As,pusat} &= (2 \cdot B \cdot \text{As,u}) / (L+B) \\ &= (2 \cdot 3000 \cdot 8357,143) / (6600+3000) = 5223,21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan jalur pusat (s) dipakai D16 :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{\text{As,u}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 3000}{5223,21} = 115,42 \text{ mm}$$

$$s = 3 \cdot h = 3 \cdot 1500 = 4500 \text{ mm}$$

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

Dipilih yang kecil, yaitu $s = 110 \text{ mm} < 115,42 \text{ mm}$

Untuk mempermudah dalam pemasangan maka jarak disamakan dengan tulangan pokok jalur pusat yaitu $s = 110 \text{ mm} < 115,42 \text{ mm}$

$$\text{Luas Tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 3000}{110} = 5480,73 \text{ mm}^2 > \text{As,pusat (Oke)}$$

Jadi dipakai tulangan D16-110

Untuk Jalur Tepi

$$\begin{aligned} \text{As,tepi} &= \text{As,u} - \text{As,pusat} \\ &= 8357,143 - 5223,21 = 3133,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan jalur tepi (s) dipakai D16 :

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{\text{As,u}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 3000}{3133,93} = 192,37 \text{ mm}$$

$$s = 3 \cdot h = 3 \cdot 1500 = 4500 \text{ mm}$$

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

Dipilih yang kecil, yaitu $s = 190 \text{ mm} < 192,37 \text{ mm}$

Untuk mempermudah dalam pemasangan maka jarak disamakan dengan tulangan pokok jalur tepi yaitu $s = 190 \text{ mm} < 192,37 \text{ mm}$

$$\text{Luas Tulangan} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 3000}{190} = 3173,05 \text{ mm}^2 > \text{As, tepi (Oke)}$$

Jadi dipakai tulangan pokok D16-190

Arah x = tulangan pokok D29-120

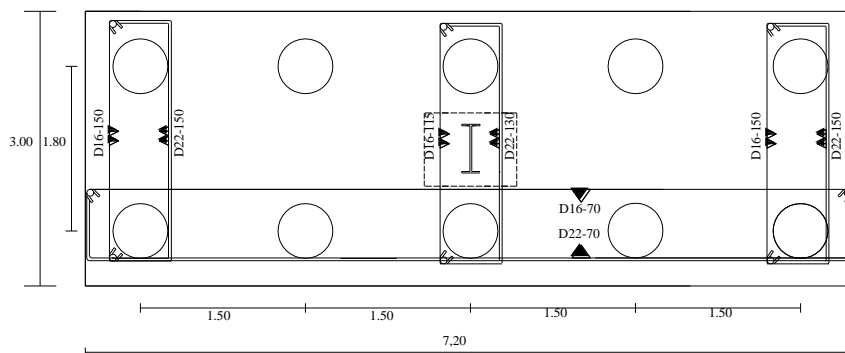
= tulangan bagi D19-100

Arah y = tulangan pokok → jalur pusat D22-110

jalur tepi D22-190

= tulangan bagi → jalur pusat D16-110

jalur tepi D16-190



Gambar 5. Penulangan Fondasi Tampak Atas

3.2.5 Perhitungan panjang penyaluran tegangan (l_d)

Panjang penyaluran tegangan (l_d) dihitung dengan rumus berikut :

$$l_d = \frac{f_y}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}} \cdot \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \cdot d_b \text{ dan } l_d \text{ harus } \geq 300 \text{ mm}$$

dengan :

$\psi_t = 1$ (tulangan berada diatas beton segar setebal < 300 mm)

$\psi_e = 1$ (tulangan tidak dilapasi epoksi)

$\psi_s = 0,8$ (tulangan D19 atau lebih kecil)

= 1 (tulangan D22 atau lebih besar)

$\lambda = 1$ (beton normal)

$c_b = 75$ mm (selimut beton)

$K_{tr} = 0$ (untuk penyederhanaan : Pasal 12.2.3)

$(c_b + K_{tr})/d_b = (75+0)/22 = 3,41 > 2,5$ maka dipakai 2,5

$(c_b + K_{tr})/d_b = (75+0)/16 = 4,68 > 2,5$ maka dipakai 2,5

$$l_{d1} = \frac{f_y}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}} \cdot \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} = \frac{400}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \cdot \frac{1 \cdot 1 \cdot 1}{2,5} = 540,898 \text{ mm} > 300 \text{ mm (Oke)}$$

$$l_{d2} = \frac{f_y}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c}} \cdot \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} = \frac{400}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \cdot \frac{1 \cdot 1 \cdot 0,8}{2,5} = 314,705 \text{ mm} > 300 \text{ mm (Oke)}$$

Digunakan $l_d 1 = 540,898 \text{ mm} = 0,540 \text{ m}$

Digunakan $l_d 2 = 314,705 \text{ mm} = 0,314 \text{ m}$

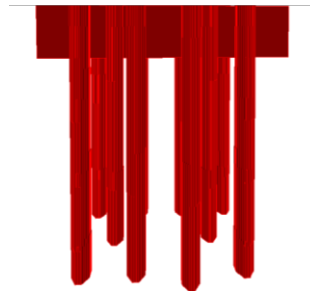
Panjang tersedia :

$$l_t = B/2 - bk/2 = 3000/2 - 500/2 = 1025 \text{ mm} = 1,025$$

Karena $l_t = 1,025 \text{ m} > l_{d1} = 0,540 \text{ m}$ dan $l_t = 1,025 \text{ m} > l_{d2} = 0,314 \text{ m}$, maka lebar *poer* sudah cukup.

3.2.6 Perhitungan Tulangan Tiang Bor

Perhitungan tulangan tiang bor dihitung seperti kolom dengan menggunakan *software SP Column*. Sebelumnya dianalisis dahulu gaya-gaya seperti gaya aksial (P), gaya geser (V), dan Momen (M) menggunakan *software SAP 2000 versi 20*. Nilai gaya aksial yang didapat yaitu = 49,312 kN, untuk nilai gaya gesernya didapat yaitu = 0,000 kN, dan nilai momen yang didapat yaitu : $M_x = 0,00 \text{ kNm}$ dan $M_y = 0,000 \text{ kNm}$.



Gambar 6. Permodelan Fondasi Pada SAP 2000

Untuk mengetahui kolom tersebut termasuk kolom pendek atau panjang ada beberapa persyaratan yaitu :

- a) Untuk kolom yang tidak dapat bergoyang :

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 34 - 12 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2}\right) \text{ dan } 34 - 12 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2}\right) \leq 40$$

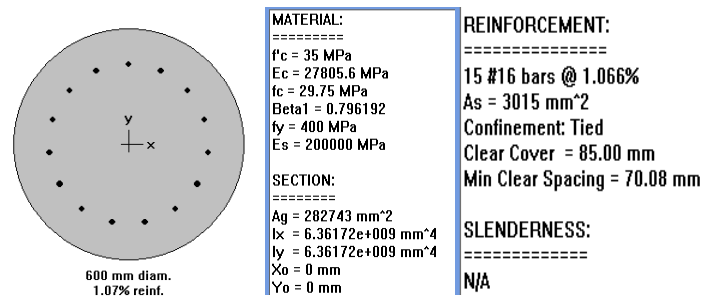
$$\frac{0,5.16}{0,25.0,6} \leq 34 - 12 \cdot \left(\frac{0,000}{0,000}\right) = 53 > 22 \text{ (tidak memenuhi)}$$

- b) Untuk kolom yang dapat bergoyang :

$$\frac{k.Lu}{r} \leq 22$$

$$\frac{0,5.16}{0,25.0,6} \leq 22 = 53 > 22 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Jika salah satu persyaratan tersebut tidak dipenuhi maka kolom tersebut termasuk kolom panjang. Nilai gaya-gaya diatas dimasukkan ke dalam *software SP Column* dan didapatkan nilai rasio tulangan yaitu sebesar 1,07%. Rasio ini cukup karena rasio tulangan kolom berada diantara 1% sampai 4%. Setelah mendapatkan rasio didapatkan tulangan tiang bor yaitu : 16-D15 ($A_s = 11039,06 \text{ mm}^2$).



Gambar 7. Output dari software SP Column

Terlihat dari gambar diatas bahwa tiang yang di desain berada di dalam diagram interkasi kolom hal ini menunjukkan bahwa tiang tersebut masih mampu menahan beban-beban yang ada.

3.2.7 Perhitungan Tulangan Sengkang Tiang Bor

Data-data perhitungan :

$$V_u = 0,000 \text{ kN} = 0,000 \text{ N}$$

$$P_u = 34,96 \text{ kN} = 34960 \text{ N}$$

$$f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$D \text{ tiang} = 600 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul.utama}} = 22 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul.sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah Sengkang} = 2$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$d_s = 75 + \frac{1}{2} \cdot D_{\text{tul.utama}} + D_{\text{tul.sengkang}}$$

$$= 75 + \frac{1}{2} \cdot 22 + 10 = 96 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s$$

$$= 600 - 96 = 504 \text{ mm}$$

$$A_g = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 600^2 = 282743,3 \text{ mm}^2$$

$$b_w = A_g / (0,8 \cdot h)$$

$$= 2827,43,3 / (0,8 \cdot 600) = 589,0486 \text{ mm}^2$$

Menghitung Gaya Geser Perlu (Vu) :

$$V_{u,k} = V_u = 0,000 \text{ N}$$

Menghitung Gaya Geser yang mampu ditahan oleh beton (Vc) :

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{34960 \cdot 10^3}{14 \cdot 282743,3}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 589,0486 \cdot 504$$

$$= 2935616,341 \text{ N}$$

$$\emptyset.Vc = 0,75 \cdot 2935616,341 = 22201712,26 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{Vu,k - \emptyset.Vc}{\emptyset} = \frac{0,0 - 22201712,26}{0,75} = -3914155,121 \text{ N}$$

$$V_s \text{ maks} = 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d = 0,66 \cdot \sqrt{35} \cdot 589,0486 \cdot 504 = 1159203,336 \text{ N}$$

$V_s < V_s \text{ maks}$ (maka ukuran tiang sudah cukup)

Menghitung Luas Begel Perlu ($A_{v,u}$) dengan nilai $S = 1000$:

$$A_v = \frac{V_s \cdot S}{F_y \cdot d} = \frac{-3914155,121 \cdot 1000}{400 \cdot 504} = -7666,69 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 0,35 \cdot \frac{bw \cdot S}{F_y} = 0,35 \cdot \frac{589,0486 \cdot 1000}{400} = 515,42 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \frac{bw \cdot S}{F_y} = 0,062 \cdot \sqrt{35} \cdot \frac{589,0486 \cdot 1000}{400} = 540,153 \text{ mm}^2$$

Dipilih nilai $A_{v,u}$ terbesar yaitu : $540,153 \text{ mm}^2$

Menghitung Jarak Begel (s) :

$$s = \frac{n \cdot \frac{1}{4} dp^2 \cdot S}{A_{v,u}} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 10^2 \cdot 1000}{540,153} = 46,283 \text{ mm}$$

Kontrol jarak begel :

$$s \leq 16 \cdot D_{\text{tul.utama}} = 16 \cdot 22 = 352 \text{ mm}$$

$$s \leq 48 \cdot D_{\text{tul.senggang}} = 48 \cdot 10 = 480 \text{ mm}$$

$$s \leq d/2 = 504/2 = 252 \text{ mm}$$

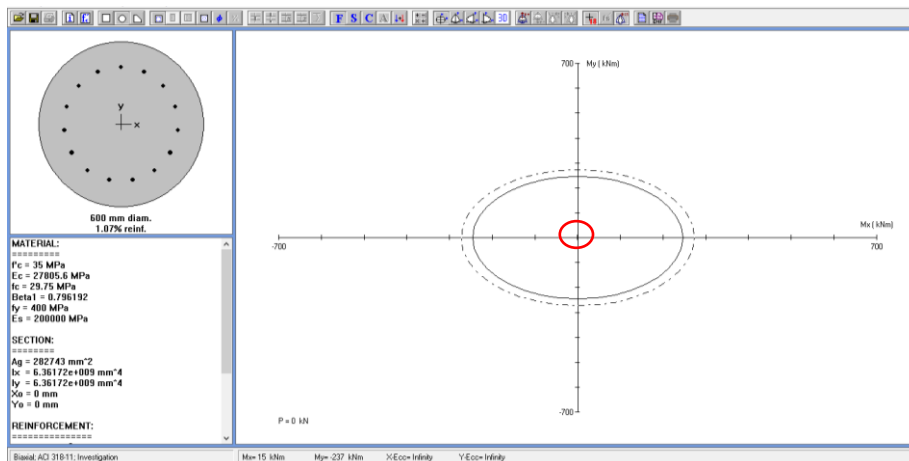
$$s \leq 600 \text{ mm}$$

Dipilih nilai terkecil dan dibulatkan kebawah, yaitu $s = 250 \text{ mm} < 252 \text{ mm}$

Jadi digunakan begel $\emptyset 10 - 250$

Kontrol luas begel terpasang :

$$A_v = \frac{n \cdot \frac{1}{4} dp^2 \cdot S}{s} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 10^2 \cdot 1000}{250} = 628,318 \text{ mm}^2 > A_{v,u} \text{ (Oke)}$$



Gambar 8. Diagram Interaksi Kolom

Perencanaan struktur bawah untuk suatu konstruksi bangunan dengan tepat sangat diperlukan untuk dapat menjaga kestabilan konstruksi yang ditahan. Kesalahan dalam perhitungan struktur bawah akan menyebabkan bangunan yang kokoh pada struktur atas menjadi runtuh dan berakibat fatal bagi penggunanya.

Pada analisis struktur atas dengan *software SAP 2000 versi 20* didapatkan nilai beban aksial terbesar kolom sebesar 9560,13kN.

Perhitungan kapasitas dukung tiang tunggal dengan diameter 0,6 m didapatkan nilai sebesar 3629,36 kN dan pada perhitungan kapasitas dukung tiang kelompok sebesar 10828,846 kN dan untuk menahan beban aksial terbesar dari kolom memerlukan 10 tiang. Fondasi ini cukup aman karena kapasitas dukung kelompok tiang lebih besar dari pada beban aksial terbesar kolom ($10828,846 \text{ kN} > 9560,13\text{kN}$).

Pada perhitungan kebutuhan tulangan *pile cap* ukuran 6600x3000x1500 mm didapatkan tulangan arah x untuk tulangan pokok D29-120 dan tulangan bagi D19-100, sedangkan tulangan arah y untuk tulangan pokok D22-110 (jalur pusat) dan D22-190 (jalur tepi) dan untuk tulangan bagi D16-110 (jalur pusat) dan D16-190 (jalur tepi).

Kebutuhan tulangan utama pada tiang bor digunakan *software SP Column* dimana didapatkan kebutuhan tulangan utama 16-D15 dimana luas tulangan sebesar 3408 mm^2 dengan rasio tulangan 1,07 %. Kebutuhan tulangan masih cukup efisien mengingat rasio tulangan berada diantara 1% sampai 4%. Perhitungan kebutuhan tulangan sengkang tiang bor didapatkan $\text{Ø}10\text{-}250$ dimana luas tulangan sebesar $628,318 \text{ mm}^2$.

4. PENUTUP

Berdasarkan perencanaan dan perhitungan diatas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Perhitungan beban struktur atas menggunakan *software SAP 2000* versi 20 dengan memasukkan beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dinamis sesuai SNI 2847-2013 dan didapatkan nilai beban aksial kolom terbesar sebesar 9560,13kN.
- 2) Kapasitas dukung tiang tunggal dengan diameter 0,6 m didapatkan nilai sebesar 3629,36 kN dan kapasitas dukung tiang kelompok sebesar 10828,846 kN dengan *safety factor* (SF) = 2,5.
- 3) Tiang yang dibutuhkan untuk mampu menahan beban aksial terbesar kolom sebanyak 10 tiang dimana kapasitas dukung tiang kelompok sebesar 10828,846 kN lebih besar dari pada nilai beban aksial terbesar kolom sebesar 9560,13kN.

- 4) Kebutuhan tulangan *pile cap* ukuran 6600x3000x1500 mm didapatkan tulangan arah x untuk tulangan pokok D29-120 dan tulangan bagi D19-100, sedangkan tulangan arah y untuk tulangan pokok D22-110 (jalur pusat) dan D22-190 (jalur tepi) dan untuk tulangan bagi D16-110 (jalur pusat) dan D16-190 (jalur tepi).
- 5) Kebutuhan tulangan utama pada tiang bor digunakan *software SP Column* dimana didapatkan kebutuhan tulangan utama 15-D16 dimana luas tulangan sebesar 9560,13 mm² dengan rasio tulangan 1,07 %. Perhitungan kebutuhan tulangan sengkang tiang bor didapatkan Ø10-250 dimana luas tulangan sebesar 628,318 mm².

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Harianti, Erny dan Anugrah Pamungkas. 2013. *Desain Fondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta : ANDI.
- Hulu, Henry Beteholi dan Rudi Iskandar. *Analisa Daya Dukung Pondasi Bore Pile dengan Menggunakan Metode Analitis (Studi Kasus Proyek Manhattan Mall dan Condominium)*. Universitas Sumatera Utara.
- Jusi, Ulfa. 2015. *Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test)*. Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru. Vol.1, No.2.
- Nurul Fadllah, Ully dan Halimah Tunafiah. 2018. *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus REESE&WRIGHT dan Penurunan*. Universitas Persada Indonesia. Vol. 2, No.3.
- Parung, H, dkk. 2012. *Tinjauan Perencanaan Substruktur Gedung Universitas Patria Artha*. Universitas Hasanuddin.
- Surya Sigit S, Kukuh, dkk. *Perencanaan Pondasi Bored Pile di Proyek Rekonstruksi Gedung Kejaksaaan Tinggi Sumatera Barat*. Universitas Bung Hatta Padang.