

Perencanaan Pondasi Gedung 5 Lantai (Studi Kasus: Asrama Mahasiswa Institut Teknologi Sumatera)

Foundation Planning of Five Floors Building (Case Study: Institut Teknologi Sumatera's University Dormitories)

Yogi Abdul Azis, S.T.¹, Ir. Idharmahadi Adha, M.T.² dan M. Abi Berkah, S.T., M.T.³

Abstrak. Gedung merupakan komponen utama untuk suatu kampus yang terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Berdirinya gedung asrama membutuhkan pondasi yang dapat memikul beban asrama itu sendiri dengan kondisi tanah pada lokasi tersebut, pemilihan jenis pondasi sangat penting diperhatikan untuk mengetahui apakah jenis pondasi tersebut aman untuk diaplikasikan dalam pembangunan gedung asrama mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain ulang pondasi dan tulangan asrama mahasiswa Institut Teknologi Sumatera dengan jenis pondasi rakit. Data diperoleh dari hasil sondir, hasil SPT dan data berupa beban struktur dan uji beban lapangan, selanjutnya dilakukan perhitungan data tanah dan pemodelan struktur untuk mendapatkan gaya dalam kolom, merancang desain pondasi dengan menghitung kapasitas daya dukung maksimum pondasi rakit, serta mendesain tulangan pondasi rakit. Analisis daya dukung tanah menggunakan metode konvensional pondasi rakit dengan desain kedalaman pondasi sebesar 3,5 m didapatkan daya dukung tanah untuk pondasi rakit pada gedung asrama 5 lantai adalah sebesar 80,6 kN/m². Distribusi tegangan maksimum pada dasar pondasi rakit akibat beban dan momen adalah sebesar 27,08 kN/m², lebih kecil daripada daya dukung tanahnya. Tebal pelat pondasi 40 cm dengan diameter tulangan 16 mm pada momen lapangan arah x (+) memerlukan spasi tulangan 110 mm (Ø16 - 110), momen lapangan arah y (+) memerlukan spasi tulangan 110 mm (Ø16 - 110), momen tumpuan arah x (-) memerlukan spasi tulangan 55 mm (Ø16 - 55) serta momen tumpuan arah y (-) memerlukan spasi tulangan 110 mm (Ø16 - 110). Tebal pelat pondasi 30 cm dengan diameter tulangan 16 mm pada momen lapangan arah x (+) memerlukan spasi tulangan 90 mm (Ø16 - 90), momen lapangan arah y (+) memerlukan spasi tulangan 160 mm (Ø16 - 160), momen tumpuan arah x (-) memerlukan spasi tulangan 30 mm (Ø16 - 30) serta momen tumpuan arah y (-) memerlukan spasi tulangan 80 mm (Ø16 - 80). Semakin tipis tebal pelat pondasi maka kebutuhan tulangan yg diperlukan juga semakin banyak hal ini dikarenakan beban tanah timbunan yang ditahan dan momen semakin besar sedangkan ukuran pondasi semakin tipis.

Kata Kunci: pondasi, gedung, struktur

Abstract. Building is a main component consisted of upper structure and lower structure. A proper dormitory need strong foundation that depends on its soil type. This work pretends to re-design the foundation and reinforcement of Institut Teknologi Sumatera's University Dormitories by using Raft Foundation. The Soil Test, Standard Penetration Test (SPT) and structure loads will be selected as inputs from a synthesis of several exercises to obtain column forces, foundation re-design by calculating raft foundation maximum capacity and re-design raft foundation reinforcement. The result of Soil bearing-capacity analysis by using Conventional Rigid Method with a foundation design depth of 3,5 m is 80,6 kN/m². Maximum distribution of raft foundation is 27,08 kN/m², lower than the soil bearing-capacity. The thickness of the 40 cm foundation plate with a reinforcement diameter of 16 mm at the moment of the field in the direction of x (+) requires a 110 mm reinforcement space (Ø16 - 110), the field moment of y (+) direction requires 110 mm of reinforcement (Ø16 - 110), the moment direction of direction x (-) requires reinforcement spacing 55 mm (Ø16 - 55) and moment of direction of direction y (-) requires reinforcement space 110 mm (Ø16 - 110). The thickness of the 30 cm foundation plate with a reinforcement diameter of 16 mm at the moment of field direction x (+) requires a 90 mm reinforcement space (Ø16 - 90), the field moment of y (+) direction requires a 160 mm reinforcement space (Ø16 - 160), moment direction of direction x (-) requires a 30 mm reinforcement space (Ø16-30) and the moment of the direction of direction y (-) requires an 80 mm reinforcement space (Ø16 - 80). The thinner the thickness of the foundation plate, the more needed reinforcement is because the load of the embankment is retained and the moment is greater while the size of the foundation becomes thinner.

Keywords: foundation, building, structure

I. PENDAHULUAN

Lampung merupakan provinsi di Indonesia yang sedang dalam tahap memperbaiki tata lingkungan kota dan menambah infrastruktur. Dalam menunjang berkembangnya Provinsi Lampung yang dilakukan oleh Pemerintah adalah berpartisipasi dalam mewujudkan pembangunan.

Salah satu hal yang menunjang berkembangnya provinsi Lampung adalah dengan mendirikan Institut Teknologi Sumatera yang bertempat di jalan terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jatiagung, Lampung Selatan yang didirikan pada tanggal 6 Oktober 2014. Institut atau kampus pada umumnya memiliki gedung-gedung penunjang perkuliahan. Gedung-gedung tersebut terdiri dari gedung perkuliahan, laboratorium, rektorat, *student center*, kantin dan lain sebagainya.

Gedung merupakan komponen utama untuk suatu kampus yang terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Salah satu gedung yg berdiri di area kampus Institut Teknologi Sumatera adalah asrama mahasiswa yang memiliki 5 lantai dengan ketinggian 17 meter dari permukaan tanah.

Berdirinya gedung asrama membutuhkan pondasi yang dapat memikul beban asrama itu sendiri dengan kondisi tanah pada lokasi tersebut, pemilihan jenis pondasi sangat penting diperhatikan untuk mengetahui apakah jenis pondasi tersebut aman untuk diaplikasikan dalam pembangunan gedung asrama mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain ulang pondasi asrama mahasiswa Intitut Teknologi Sumatera dengan jenis pondasi rakit serta mendesain tulangan pondasi rakit tersebut. Salah satu kelebihan dari pondasi rakit ini adalah apabila terjadi penurunan tanah (*settlement*) maka seluruh pondasi turun bersama-sama sehingga tidak membahayakan bagi bangunan di atasnya. Berbeda dengan pondasi dalam, apabila terjadi penurunan di salah satu titik pondasi maka bangunan akan miring dan ambruk.

II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif yaitu penelitian yang kemudian diolah dan dianalisis untuk mengambil kesimpulan. Artinya penelitian yang dilakukan adalah penelitian yang menekankan analisisnya pada data-data numeric (angka) yang diolah dengan menggunakan metode penelitian ini, akan diperoleh hubungan yang signifikan antar variabel yang diteliti. Metode deskriptif merupakan metode yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas (Sugiyono, 2005). Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi rakit pada proyek pembangunan gedung asrama Institut Teknologi Sumatera, data diperoleh dari hasil sondir, hasil SPT dan data berupa beban struktur dan uji beban lapangan. Perencanaan pondasi rakit dilakukan sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data tanah pada lokasi dan data struktur bangunan,
2. Melakukan perhitungan data tanah dan pemodelan struktur untuk mendapatkan gaya dalam kolom,
3. Merancang desain pondasi dengan menghitung kapasitas daya dukung maksimum pondasi rakit,
4. Mendesain tulangan pondasi rakit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dari desain pondasi dangkal yang akan dibangun di lapangan:

- | | | |
|----|----------------------|------------------------------|
| 1) | Jenis Konstruksi | : Konstruksi Beton Bertulang |
| 2) | Tipe Pondasi Dangkal | : Pondasi Rakit |
| 3) | Fungsi Bangunan | : Asrama Mahasiswa |
| 4) | Kategori Gedung | : Perumahan/Penghunian |
| 5) | Jenis Tanah | : Pasir Berlanau |

Beban struktur atas gedung asrama lima lantai ini dimodelkan sesuai data struktur yang ada menggunakan aplikasi ETABS. Pemodelan dilakukan untuk mendapatkan besaran gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur atas sebagai dasar perencanaan pondasi. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh total beban pada struktur yaitu sebesar 45494,1 kN dengan besaran beban maksimum pada struktur atas terjadi pada spesifikasi kolom jenis 1 di poin 49, yaitu sebesar 954,1 kN.

Data tanah yang digunakan pada analisis ini adalah data lapangan berupa hasil pengujian SPT dan pengujian *sample* tanah di laboratorium serta peta *boring*. *Sample* tanah untuk pengujian di laboratorium yang digunakan adalah *sample* tanah yang diambil pada kedalaman 3,5 meter.

1. Perhitungan Daya Dukung Tanah

Salah satu faktor terpenting dalam penentuan jenis pondasi adalah daya dukung tanah. Tanah sebagai dasar dari struktur bawah (pondasi), sangat penting dalam perencanaan pondasi beserta struktur yang akan di bangun di atasnya.

$$P_o = \gamma \times H \dots\dots\dots(4.1) \quad qu = 5,14c \left(1 + \frac{0,195B}{L}\right) \left(1 + 0,4 \frac{D_f}{B}\right) \dots\dots\dots(4.4)$$

$$P_o = 16,68 \text{ kN/m}^2 \times 3,5 \text{ m} \dots\dots\dots(4.2) \quad qu = 5,14 \times 41,68 \left(1 + \frac{0,195 \times 24}{70}\right) \left(1 + 0,4 \frac{3,5}{24}\right)$$

$$P_o = 58,38 \text{ kN/m}^2 \dots\dots\dots(4.3) \quad qu = 241,89 \text{ kN/m}^2$$

Dengan asumsi SF = 3, maka didapat $qu = 80,6 \text{ kN/m}^2$

2. Distribusi Tegangan Akibat Beban dan Momen

Tegangan merupakan besarnya suatu gaya yang bekerja pada suatu bidang atau penampang yang memiliki luas tertentu, yaitu gaya per satuan luas. Distribusi tegangan merupakan penyebaran tegangan yang terjadi akibat beban (berat tanah di atasnya /beban luar) terhadap kedalaman bidang titik yang ditinjau. Semakin jauh titik yang ditinjau akan menerima tegangan semakin kecil. Distribusi tegangan yang akan dihitung dipengaruhi beban momen.

1. Titik Berat Konstruksi Bangunan Akibat Gaya

$$\Sigma P = 45494,1 \text{ kN}$$

$$X = 70 \text{ m}$$

$$Y = 24 \text{ m}$$

2. Titik Berat Bangunan

$$A = X \cdot Y$$

$$A = 1680 \text{ m}^2$$

3. Momen Inersia Penampang pada arah sumbu x dan y

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3$$

$$I_x = 80640 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} b^3 h$$

$$I_y = 686000 \text{ m}^4$$

4. Tegangan Terhadap Momen

$$\Sigma P = 45494,1 \text{ kN}$$

$$A = 1680 \text{ m}^2$$

$$M_x = 0,088 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0,162 \text{ kNm}$$

$$X = 35 \text{ m}$$

$$Y = 12 \text{ m}$$

$$I_x = 80640 \text{ m}^4$$

$$I_y = 686000 \text{ m}^4$$

$$\sigma = \frac{\Sigma P}{\Sigma A} \pm \left(\frac{M_{x,y}}{I_x} \right) \pm \left(\frac{M_{y,x}}{I_y} \right) \dots \dots \dots (4.5)$$

$$\sigma_{maks} = \frac{45494,1}{1680} + \left(\frac{0,088 \times 12}{80640} \right) + \left(\frac{0,162 \times 35}{686000} \right) = 27,079842 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{maks} \leq q_u$$

$$27,08 \text{ kN/m}^2 \leq 80,6 \text{ kN/m}^2 \dots\dots\dots \text{ok!}$$

$$\sigma_{min} = \frac{954,1}{1680} - \left(\frac{8,241 \times 12}{80640} \right) - \left(\frac{6,574 \times 35}{686000} \right) = 27,079800 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{min} \leq q_u$$

$$27,08 \text{ kN/m}^2 \leq 80,6 \text{ kN/m}^2 \dots\dots\dots \text{ok!}$$

3. Penulangan Pondasi

1. Pelat Pondasi 40 cm

Penulangan pondasi telapak menerus pada penelitian ini akan dihitung dengan menggunakan tebal pelat 40cm. Peninjauan tipe pelat dengan cara membandingkan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek.

1. Tipe pelat 2 arah jika rasionya ≤ 2 . (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.2)

$$X = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{35}{24} = 1,45 \rightarrow \text{karena kurang dari } \leq 2, \text{ maka ditinjau 2 arah}$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X = 2236.55 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_y^2 \cdot X = 1118.275 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot X = -4760.66 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_y^2 \cdot X = -3610,43 \text{ kNm}$$

l_x = panjang bentang pendek

X = koefisien yang tergantung $\frac{l_y}{l_x}$

$$X = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{35}{24} = 1,45$$

2. Interpolasi

$$\text{a. } M_{lx} = \frac{36-34}{1,5-1,4} = \frac{36-x}{1,5-1,45}$$

$$x = 35$$

$$\text{b. } M_{ly} = \frac{17-18}{1,5-1,4} = \frac{17-x}{1,5-1,45}$$

$$x = 17,5$$

$$\text{c. } M_{tx} = \frac{76-73}{1,5-1,4} = \frac{76-x}{1,5-1,45}$$

$$x = 74,5$$

$$\text{d. } M_{ly} = \frac{57-56}{1,5-1,4} = \frac{57-x}{1,5-1,45}$$

$$x = 56,5$$

Data-data Penulangan Pelat Pondasi Rakit

Mutu beton ($f'c$) = 24,9 Mpa (K-300)

Mutu baja (f_y) = 300 Mpa

B_y = 35000 mm

B_x = 24000 mm

Tebal Pelat (H) = 400 mm

Diameter Tulangan (D) = 16 mm

Diameter Sengkang (ϕ) = 10 mm

Tebal Selimut Beton (P) = 50 mm

1. Jumlah Tulangan Lapangan M_{lx} (+)

$$\begin{aligned}n &= A_s / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\&= 37184 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\&= 184,86 \approx 185 \text{ D } 16\end{aligned}$$

Spasi.Tul = Lebar bersih / $n - 1$

$$\begin{aligned}&= (24000 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 185 \times 13) / (185 - 1) \\&= 112,17 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Jumlah Tulangan Lapangan M_{ly} (+)

$$\begin{aligned}n &= A_s / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\&= 54226,67 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\&= 269,59 \approx 270 \text{ D } 16\end{aligned}$$

Spasi.Tul = Lebar bersih / $n - 1$

$$\begin{aligned}&= (35000 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 270 \times 13) / (270 - 1) \\&= 112,38 \text{ mm}\end{aligned}$$

3. Jumlah Tulangan Tumpuan M_{tx} (-)

$$\begin{aligned}n &= A_s / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\&= 63312,6 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\&= 314,76 \approx 315 \text{ D } 16\end{aligned}$$

Spasi.Tul = Lebar bersih / $n - 1$

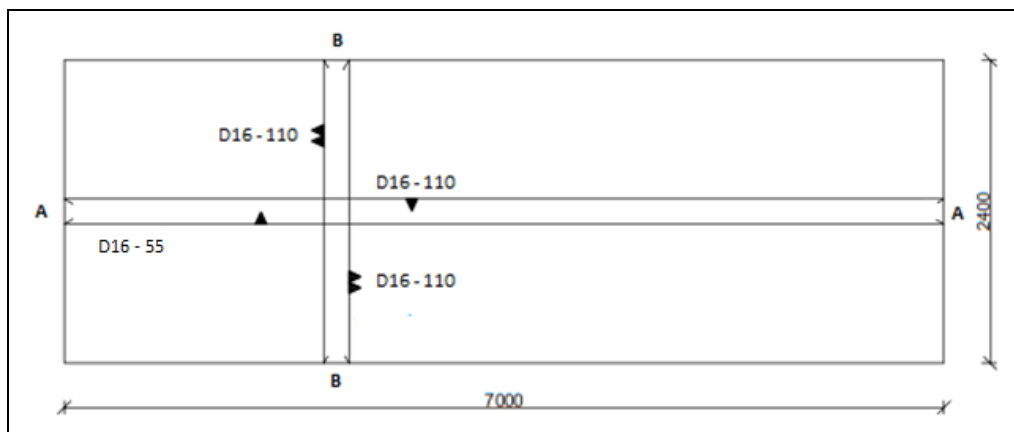
$$\begin{aligned}&= (24000 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 315 \times 13) / (315 - 1) \\&= 58,86 \text{ mm}\end{aligned}$$

4. Jumlah Tulangan Tumpuan Mty (-)

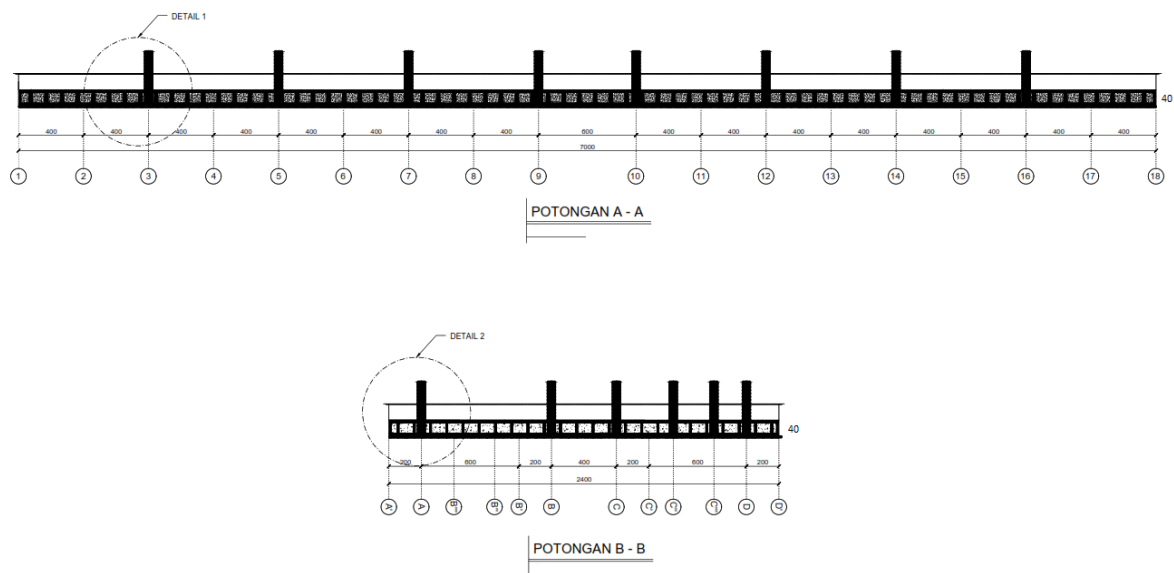
$$\begin{aligned}
 n &= A_s / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\
 &= 54226,67 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\
 &= 269,59 \approx 270 \text{ D 16}
 \end{aligned}$$

Spasi.Tul = Lebar bersih / n -1

$$\begin{aligned}
 &= (35000 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 270 \times 16) / (270-1) \\
 &= 112,38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 1 Denah Tulangan Pondasi Rakit Dengan Tebal Pelat 40 cm



Gambar 2 Denah Tulangan Pondasi Rakit Dengan Tebal Pelat 40 cm

2. Pelat Pondasi 30 cm

Penulangan pondasi telapak menerus pada penelitian ini akan dihitung dengan menggunakan tebal pelat 30 cm. Peninjauan tipe pelat dengan cara membandingkan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek.

Data-data Penulangan Pelat Pondasi Rakit

Mutu beton (f'_c) = 24,9 Mpa (K-300)

Mutu baja (f_y) = 300 Mpa

B_y = 35000 mm

B_x = 24000 mm

Tebal Pelat (H) = 300 mm

Diameter Tulangan (D) = 16 mm

Diameter Sengkang (ϕ) = 10 mm

Tebal Selimut Beton (P) = 50 mm

1. Jumlah Tulangan Lapangan M_{lx} (+)

$$\begin{aligned}n &= A_s / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\&= 42462,99 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\&= 211,1 \approx 212 \text{ D } 16\end{aligned}$$

Spasi.Tul = Lebar bersih / $n - 1$

$$\begin{aligned}&= (24000 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 212 \times 16) / (212 - 1) \\&= 96,11 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Jumlah Tulangan Lapangan M_{ly} (+)

$$\begin{aligned}n &= A_s / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\&= 37893,33 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\&= 188,39 \approx 189 \text{ D } 16\end{aligned}$$

Spasi.Tul = Lebar bersih / $n - 1$

$$\begin{aligned}&= (35000 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 189 \times 16) / (189 - 1) \\&= 168,14 \text{ mm}\end{aligned}$$

3. Jumlah Tulangan Tumpuan M_{tx} (-)

$$\begin{aligned}n &= A_s / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\&= 97633,43 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\&= 485,39 \approx 486 \text{ D } 16\end{aligned}$$

Spasi.Tul = Lebar bersih / $n - 1$

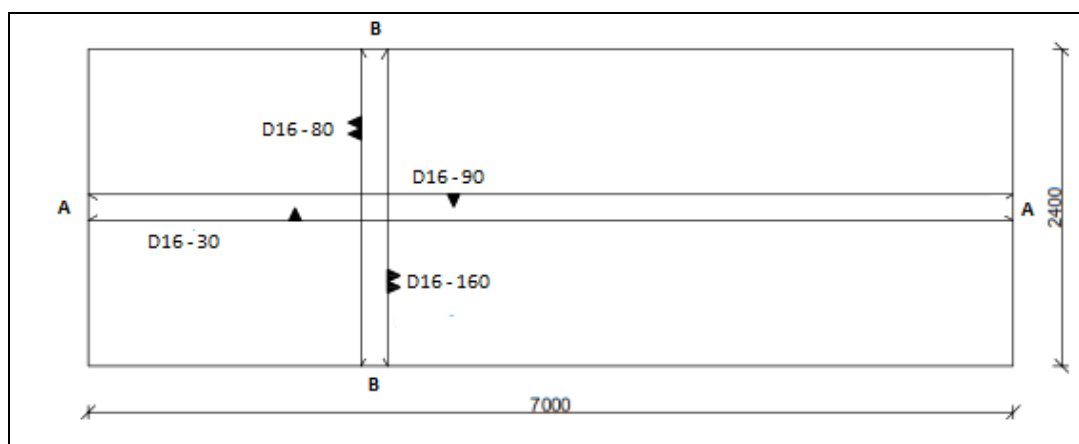
$$\begin{aligned}&= (24000 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 486 \times 16) / (486 - 1) \\&= 32,19 \text{ mm}\end{aligned}$$

4. Jumlah Tulangan Tumpuan Mty (-)

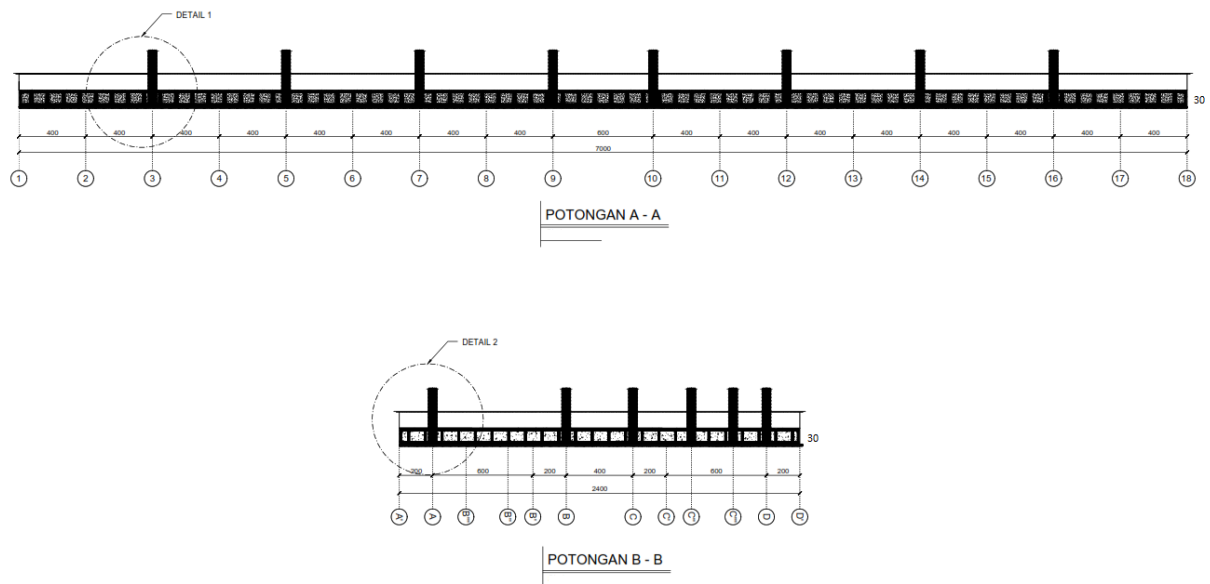
$$\begin{aligned}
 n &= A_s / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right) \\
 &= 68997,62 / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \right) \\
 &= 343,02 \approx 344 \text{ D 16}
 \end{aligned}$$

Spasi.Tul = Lebar bersih / n -1

$$\begin{aligned}
 &= (35000 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 344 \times 16) / (344-1) \\
 &= 84,68 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 3 Denah Tulangan Pondasi Rakit Dengan Tebal Pelat 30 cm



Gambar 4 Denah Tulangan Pondasi Rakit Dengan Tebal Pelat 30 cm

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan pengolahan data, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Analisis daya dukung tanah menggunakan metode konvensional pondasi rakit dengan desain kedalaman pondasi sebesar 3,5 m didapatkan daya dukung tanah untuk pondasi rakit pada gedung asrama 5 lantai adalah sebesar 80,6 kN/m².
Distribusi tegangan maksimum pada dasar pondasi rakit akibat beban dan momen adalah sebesar 27,08 kN/m², lebih kecil daripada daya dukung tanahnya.
2. Tebal pelat pondasi 40 cm dengan diameter tulangan 16 mm pada momen lapangan arah x (+) memerlukan spasi tulangan 110 mm, momen lapangan arah y (+) memerlukan spasi tulangan 110 mm, momen tumpuan arah x (-) memerlukan spasi tulangan 50 mm serta momen tumpuan arah y (-) memerlukan spasi tulangan 110 mm.
Tebal pelat pondasi 30 cm dengan diameter tulangan 16 mm pada momen lapangan arah x (+) memerlukan spasi tulangan 90 mm, momen lapangan arah y (+) memerlukan spasi tulangan 160 mm, momen tumpuan arah x (-) memerlukan spasi tulangan 30 mm serta momen tumpuan arah y (-) memerlukan spasi tulangan 80 mm.
3. Semakin tipis tebal pelat pondasi maka kebutuhan tulangan yg diperlukan juga semakin banyak hal ini dikarenakan beban tanah timbunan yang ditahan dan momen semakin besar sedangkan ukuran pondasi semakin tipis.
4. Saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan pembahasan dan pengolahan data yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.
 - a. Perlu digunakan analisis perhitungan dengan tebal pelat yang tidak membutuhkan banyak tulangan.
 - b. Perlu dilakukan perbandingan pondasi rakit dengan jenis pondasi lain ditinjau dari studi biaya pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aratua, L., 2004. *Bahan Kuliah Mekanika Tanah*. Medan: Penerbit UNIMED.
- Bahagianda, D. A. M., 2017. *Analisis Desain Pondasi Rakit Untuk Bangunan Bertingkat Dengan Metode Konvensional (Konvensional Rigid Method)*. Bandar Lampung, Universitas Lampung.
- Bowles, J. E., 1988. *Foundation Analysis and Design*. McGraw Hill: International Book Company.
- Das, B. M., 2011. *Principles of Foundation Engineering, SI*. 7th ed. Stamford: Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C., 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hasibuan, Z. A., 2007. *Metodologi Penelitian Pada Bidang Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi: Konsep, Teknik dan Aplikasi*. Jakarta: Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia.
- Nazir, 2014. *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Saris, C. S., 2018. *Evaluasi Desain Pondasi Tiang Bor Gedung Asrama 5 Tingkat Di Kampus Institut Teknologi Sumatera*, Bandar Lampung: Tugas Akhir.
- Sugiyono, 2005. *Metode Penelitian Bisnis*. Bandung: Alfabeta.
- Surjandari, N. S., 2007. Analisa Penurunan Pondasi Rakit Pada Tanah Lunak. *Jurnal Gema Teknik*, Volume 2.