

# Perencanaan Pondasi Setapak Gabungan dan Pondasi Rakit Sederhana pada Proyek Orangutan Haven Sumatera Utara

Elbert Chardi UTOMO<sup>1</sup>, Johannes TARIGAN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, email: johannes.tarigan24@gmail.com

## Sejarah artikel

Diserahkan: 24 September 2023  
Dalam bentuk revisi: 29 September 2023

Diterima: 30 September 2023  
Tersedia online: Oktober 2023

## Abstract

*Ouh Restaurant is a one-story bamboo structure located within the Orangutan Haven conservation area. The only road access to the restaurant is only by a hilly footpath so the choice of foundation must also consider the method of implementing the foundation. This Paper will discuss about the dimensions, reinforcement of the combined footing and simple raft foundation based on SNI 2847-2019. Soil bearing capacity uses Meyerhoff's theory and sondir test. Reinforcement calculations are using conventional calculations and numerical methods using MIDAS program. The results of the conventional and MIDAS designs will be compared and then the most optimum design will be used to draw the reinforcement for the foundation of the Ouh restaurant. From the research results, it was found that the dimensions for the combined footing were 1500x1000x300 mm with the reinforcement used based on consideration of both method is 6 D10, for the longitudinal and shortening directions at the bottom of the combined footing. Meanwhile, the dimensions of the simple raft foundation obtained are 1050x1050x300 mm. The reinforcement used based on consideration of both method is 6 D10, for the longitudinal and shortening directions at the top and bottom of the simple raft foundation.*

**Keywords:** combined footing, simple raft foundation, Meyerhoff, conventional, MIDAS

## Abstrak

*Restoran Ouh adalah sebuah restoran dengan struktur bambu satu lantai yang terletak di dalam area konservasi Orangutan Haven. Akses jalan menuju restoran tersebut hanya dengan jalan setapak berbukit sehingga pemilihan pondasinya juga harus mempertimbangkan metode pelaksanaan pondasinya. Dalam jurnal ini penulis akan merencanakan dimensi, penulangan pondasi setapak gabungan dan pondasi rakit sederhana berdasarkan SNI 2847-2019. Daya dukung tanah menggunakan teori meyerhoff dan uji sondir. Perhitungan tulangan dilakukan dengan perhitungan konvensional dan menggunakan metode numerik dengan menggunakan bantuan program MIDAS. Hasil dari desain konvensional dan MIDAS akan dibandingkan untuk selanjutnya, digunakan desain yang paling optimum untuk menggambar penulangan pada pondasi restoran Ouh. Dari hasil penelitian didapatkan untuk pondasi setapak gabungan dimensinya adalah 1500 x 1000 x 300 mm dengan tulangan yang digunakan berdasarkan hasil pertimbangan analisis konvensional dan menggunakan program MIDAS adalah 6 D10, untuk arah memanjang dan memendek bagian bawah pondasi setapak gabungan. Sementara dimensi dari pondasi rakit sederhana yang didapat adalah 1050 x 1050 x 300 mm. Tulangan yang digunakan berdasarkan hasil pertimbangan dari analisis konvensional dan program MIDAS adalah 6 D10, untuk arah memanjang dan memendek bagian atas dan bawah pondasi rakit sederhana.*

**Kata kunci:** pondasi setapak gabungan, pondasi rakit sederhana, meyerhoff, konvensional, MIDAS

## 1. Pendahuluan

Proyek Orangutan Haven merupakan lokasi penangkaran buatan yang dibangun untuk orangutan sumatera. Khususnya, orangutan yang tidak bisa lagi dilepasliarkan (unreleasable)

di hutan rimba akibat kendala fisik maupun kebutaan (Orangutan Haven, 2018). Restoran ouh adalah sebuah restoran dengan struktur bambu satu lantai yang terletak didalam area konservasi Orangutan Haven. Akses jalan menuju restoran tersebut hanya dengan jalan setapak berbukit sehingga pemilihan pondasinya juga harus mempertimbangkan metode pelaksanaan pondasinya.

Pondasi adalah suatu struktur bawah yang dirancang untuk menerima dan menyalurkan semua beban yang diterima dari struktur atas (Setiawan, 2016). Dalam perencanaan pondasi hal yang terpenting adalah beban yang dipikul dan kapasitas daya dukung tanah (Gouw, 1993), tetapi selain kedua hal tersebut terkadang faktor lain seperti kondisi lapangan yang sulit dijangkau, peralatan konstruksi juga bisa menjadi pertimbangan dalam menentukan dimensi dan jenis pondasi yang akan dibuat (Bahagianda, 2017), yang kemudian akan mengarah ke perencanaan yang efektif dan efisien (Rahmadiansyah & Harahap, 2022).

Pondasi setapak gabungan adalah pondasi yang mendukung dua kolom atau lebih yang letaknya berdekatan dalam satu arah (Luévanos-Rojas, 2014). Pondasi ini juga bisa digunakan untuk mengatasi distribusi momen yang tidak seragam jika pondasi tersebut didesain sebagai pondasi setapak biasa. Dengan adanya pondasi setapak gabungan momen dapat didesain sehingga resultan daripada momen terletak pada pusat geometri tapak sehingga meminimalkan distribusi tekanan tanah yang tidak rata (Setiawan, 2016).

Pondasi rakit adalah pondasi yang biasa digunakan apabila daya dukung tanahnya lunak atau ketika letak konfigurasi kolom sangat berdekatan dalam dua arah sehingga apabila didesain pondasi secara individual maka dimensi dimensi tapak tersebut akan saling bertabrakan (Sumurung & Simanjuntak, 2019).

## 2. Teori Daya Dukung Tanah

### *Daya Dukung Tanah Berdasarkan Sondir*

Untuk pondasi dangkal pada tanah pasir maupun lempung menurut Meyerhorf (1976) dihitung dengan persamaan berikut (Eslami & Gholami, 2005):

$$q_{ult} = \bar{q}_c \left( \frac{B}{12,2} \right) \left( 1 + \frac{D_f}{B} \right) \quad (1)$$

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{FS} \quad (2)$$

Dimana:

$q_{ult}$  = kapasitas daya dukung ultimit pondasi;  $q_c$  = nilai tahanan konus rata-rata dari sondir yaitu dari dasar tapak pondasi dan  $1,5B$  dibawah dasar pondasi;  $D_f$  = kedalaman pondasi;  $B$  = lebar pondasi;  $FS = 3$ ;  $q_{all}$  = tekanan ijin tanah

### *Pondasi Setapak Gabungan*

#### Daya Dukung Tanah yang Diizinkan

Luas pondasi dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$Luas\ Pondasi = \frac{beban\ layan\ total\ (termasuk\ beban\ sendiri\ pondasi)}{tekanan\ ijin\ tanah} \quad (3)$$

Setelah luas pondasi telah ditentukan maka ditentukanlah tegangan tanah terfaktor ( $q_u$ ) yang akan digunakan dalam proses perancangan struktur beton bertulang pondasi.

$$q_u = \frac{beban\ total\ terfaktor}{Luas\ Pondasi} \quad (4)$$

#### Kuat Geser Satu Arah

Kekuatan geser satu arah nominal dalam penampang ( $V_n$ ) dihitung pada jarak  $d$  dari muka kolom dengan persamaan:

$$V_{u1} \leq \phi V_n \quad (5)$$

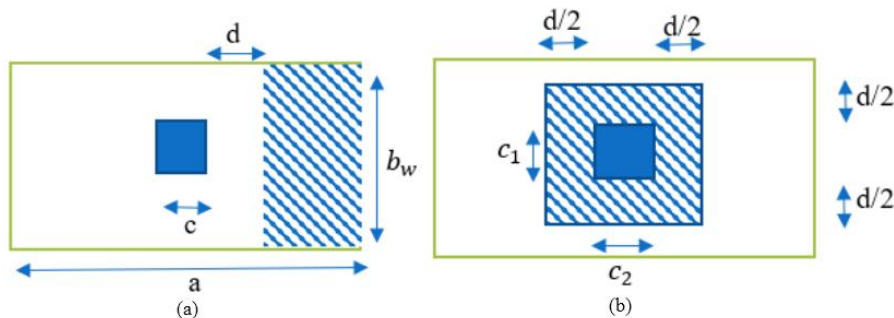
$$V_n = V_c + V_s \quad (6)$$

dimana:

$$V_c = \text{kuat geser beton} = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd$$

$$V_s = \text{kuat geser tulangan} = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

$V_{u1}$  = gaya geser terfaktor untuk geser satu arah;  $\lambda$  = faktor modifikasi untuk beton ringan ( $\lambda$  untuk beton normal = 1);  $b_w$  = lebar efektif penampang pada jarak  $d$  dari muka kolom;  $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke titik tengah dari tulangan tarik;  $A_v$  = luas total kaki tulangan geser;  $f_{yt}$  = kuat leleh tulangan geser;  $s$  = jarak longitudinal tulangan geser.



Gambar 1. (a) Ilustrasi tinjauan kuat geser satu arah; (b) Ilustrasi tinjauan kuat geser dua arah (tanpa tulangan geser)

#### Kuat Geser Dua Arah

Awalnya pondasi direncanakan tanpa penulangan pons ( $V_u \leq \phi V_c$ ) sehingga jika dalam perhitungan dalam meninjau daerah kuat geser dua arah maka diambil jarak  $d/2$  dari muka kolom prinsip perancangannya sama dengan kuat geser satu arah yaitu:

$$V_{u2} \leq \phi V_n \quad (7)$$

dengan:

$$V_{u2} = P - q_u(c_1 + d)(c_2 + d) \quad (8)$$

$P$  = beban terfaktor yang disalurkan kolom ke pelat

$$V_n = V_c$$

Dimana nilai  $\phi = 0,75$  dan  $V_c$  harus diambil dari yang paling kecil diantara ketiga persamaan dibawah ini:

$$V_c = 0,33\lambda\sqrt{f'_c}b_o d \quad (9)$$

$$V_c = 0,083\left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right)\lambda\sqrt{f'_c}b_o d \quad (10)$$

$$V_c = 0,17\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda\sqrt{f'_c}b_o d \quad (11)$$

dimana:

$\lambda$  = faktor modifikasi untuk beton ringan ( $\lambda$  untuk beton normal = 1);  $f'_c$  = kekuatan tekan beton;  $\alpha_s = 40$  (untuk kolom dengan keliling 4 sisi), 30 (untuk kolom dengan keliling 3 sisi), 20 (untuk kolom dengan keliling 2 sisi);  $b_o$  = keliling daerah yang menjadi tinjauan geser;  $\beta$  = rasio sisi Panjang kolom dan sisi pendek kolom.

### Kuat Lentur

Dalam menghitung momen lentur arah memanjang, pelat pondasi dimodelkan seperti balok terbalik yang terbebani beban dengan beban terbagi merata keatas dengan kolom sebagai perletakan sendi. Dalam arah transversal pondasi dianggap seperti balok kantilever dengan dengan lebar beban terbagi merata. Dalam perencanaan tulangan lentur selalu digunakan prinsip dibawah ini:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (12)$$

$$\phi M_n = M_u = \phi b_w d^2 f_y \rho \left(1 - \frac{\rho f_y}{1,7 f_c'}\right) \quad (13)$$

dimana:

$M_n$  = momen nominal yang bisa ditahan penampang;  $M_u$  = momen ultimate yang diterima penampang;  $b_w$  = lebar efektif penampang pada jarak d dari muka kolom;  $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke titik tengah dari tulangan tarik;  $\phi$  = faktor reduksi (diambil= 0,9);  $f_y$  = kuat leleh tulangan tarik;  $f_c'$  = kuat tekan beton;  $\rho = A_s b_w d$ ;  $A_s$  = luas tulangan

Dengan ketentuan  $\rho$  tidak boleh melebihi batas diantara:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \left(\frac{0,003 + f_y/E_s}{0,008}\right) \rho_b \quad (14)$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y}\right) \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) \quad (15)$$

Dimana:

$$\beta_1 = 0,85 ; (f_c' \leq 28 \text{ Mpa}) \quad (16)$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f_c' - 28}{7}\right); (28 \text{ Mpa} < f_c' \leq 56 \text{ Mpa}) \quad (17)$$

$$\beta_1 = 0,65 ; (f_c' > 58 \text{ Mpa}) \quad (18)$$

Tabel 1. Rasio tulangan minimum

Tipe tulangan	$F_y$ MPa	$\rho_{min}$	
Batang ulir	< 420	0,002	
Batang ulir atau kawat las	$\geq 420$	Terbesar dari:	0,0018(420)
			$\frac{f_y}{600 + f_y}$
			0,0014

Dengan demikian maka untuk menentukan tebal efektif berdasarkan moment adalah:

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\phi b_w f_y \rho \left(1 - \frac{\rho f_y}{1,7 f_c'}\right)}} \quad (19)$$

### Panjang Penyaluran Tarik

$$l_d = \frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} d_b \quad (20)$$

dengan:

$l_d \geq 300 \text{ mm}$ ;  $\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right) \leq 2,5$ ;  $K_{tr} = \frac{40 A_{tr}}{s n}$ ;  $A_{tr}$  = luas tulangan Transversal; s= spasi maksimal as ke as tulangan transversal dalam arah tulangan utama; n= jumlah tulangan utama yang ingin disalurkan dalam disepanjang bidang pembelahan;  $\Psi_s$  = faktor ukuran tulangan;  $\Psi_e$ = faktor lapisan yang menggambarkan pengaruh lapisan epoksi;  $\Psi_t$ = faktor lokasi tulangan;  $\lambda = 1$  (untuk beton normal);  $d_b$  = diameter tulangan longitudinal

### Panjang Penyaluran Tekan

$$l_{dc} = \left( \frac{0,24 f_y \Psi_r}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \quad (21)$$

$$l_{dc} = 0,043 f_y \Psi_r d_b \quad (22)$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

dimana:  $\Psi_r$  = faktor tulangan pengeang

### Kait

Kait diperlukan untuk memberikan penjangkaran tulangan yang memadai apabila tidak tersedia tempat yang cukup untuk memenuhi syarat Panjang penyaluran. Nilai dari Panjang penyaluran kait standar dalam kondisi tarik harus diambil nilai maksimal dari:

$$l_{dh} = \left( \frac{0,24 f_y \Psi_e \Psi_c \Psi_r}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \quad (23)$$

$$l_{dh} = 8 d_b \quad (24)$$

$$l_{dh} = 150 \text{ mm}$$

dimana:  $\lambda$  = faktor modifikasi bobot beton;  $\Psi_e$  = faktor epoksi;  $\Psi_c$  = faktor tebal selimut beton;  $\Psi_r$  = faktor tulangan pengeang

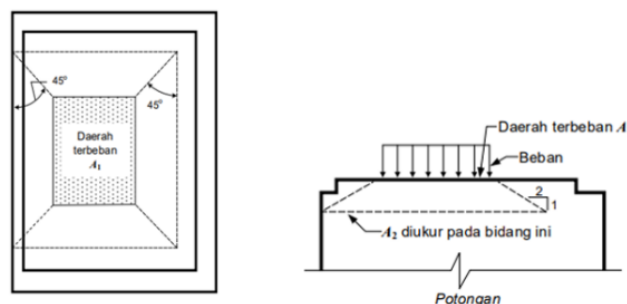
### Transfer Beban Kolom ke Pondasi

Kolom mentransfer beban terpusat kepada pondasi melalui mekanisme tumpuan, dengan demikian maka kekuatan tumpuan kolom adalah

$$N_1 = \phi(0,85 f_c' A_1) \quad (25)$$

Kekuatan tumpu pondasi bisa lebih besar karena bisa dikalikan dengan faktor  $\sqrt{A_2/A_1} \leq 2$  untuk kekuatan tumpu pada pondasi dengan  $A_1$  adalah luas kolom,  $A_2$  adalah luas pondasi dibawah luas kolom yang secara geometri hamper sama dan konsentris dengan kolom gambar dibawah ini menunjukkan ilustrasi dari  $A_1$  dan  $A_2$  dengan lebih jelas

$$N_2 = \phi(0,85 f_c' A_1) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq \phi(1,7 f_c' A_2) \quad (26)$$



Gambar 2. Ilustrasi  $A_1$  dan  $A_2$  Pada Pondasi (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2019))

Apabila beban yang disalurkan oleh kolom ke pondasi melebihi nilai  $N_1$  maka diperlukan sejumlah tulangan tambahan untuk membantu menyalurkan kelebihan gaya yang bisa dipikul oleh beton kolom. Tulangan ini dapat berasal dari tulangan kolom yang diteruskan ke pelat pondasi atau dengan menyediakan sejumlah tulangan stek.

$$P_{u \text{ lebih}} = P_u - N_1 \quad (27)$$

Luas tulangan stek dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_{sd} = \frac{P_u \text{ lebih}}{\phi f_y} \geq 0,005A_1 \quad (28)$$

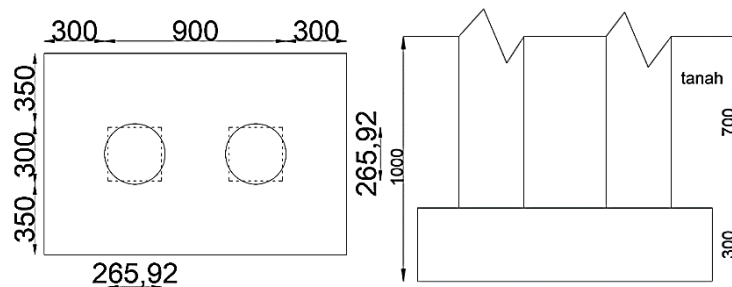
Dalam SNI 2847:2019 Tulangan minimum untuk sambungan antara komponen struktur yang dicor di tempat dengan pondasi - Peraturan ini mensyaratkan jumlah penulangan minimum antara semua komponen yang didukung dan pendukung untuk memastikan perilaku duktail. Penulangan ini diperlukan untuk memberikan suatu tingkat integritas struktural selama tahap konstruksi dan selama masa layan struktur.

### Pondasi Rakit Sederhana

Pondasi rakit digunakan apabila tanah memiliki daya dukung yang rendah atau ketika banyak kolom yang saling berdekatan sehingga apabila digunakan pondasi setapak maka akan saling bertabrakan. Desain dilakukan dengan mengibaratkan pondasi sebagai sebuah pelat terbalik. Ada 4 metode pendekatan untuk merancang pondasi rakit yaitu: *convensional rigid method*, *approximate flexible method*, *finite difference* dan *finite element methods* (Das, 2011). Dalam jurnal ini hanya akan digunakan *convensional rigid method*. Pondasi dibagi kedalam beberapa strip untuk kepentingan perancangan. Untuk desain terhadap daya dukung tanah, momen, geser satu dan dua arah transfer momen pelat, transfer beban kolom ke pelat. Panjang penyaluran semua sama seperti dalam perancangan pondasi setapak gabungan.

## 3. Hasil

### Pradimensi Pondasi Setapak Gabungan



Gambar 3. Ilustrasi Pradimensi Pondasi Setapak Gabungan (sumber penulis)

$\gamma_{beton} = 23,6 \text{ kN/m}^3$ ;  $\gamma_{tanah} = 17 \text{ kN/m}^3$ ;  $d_{tiang} = 0.3 \text{ m}$  (ukuran dari kolom lingkaran)

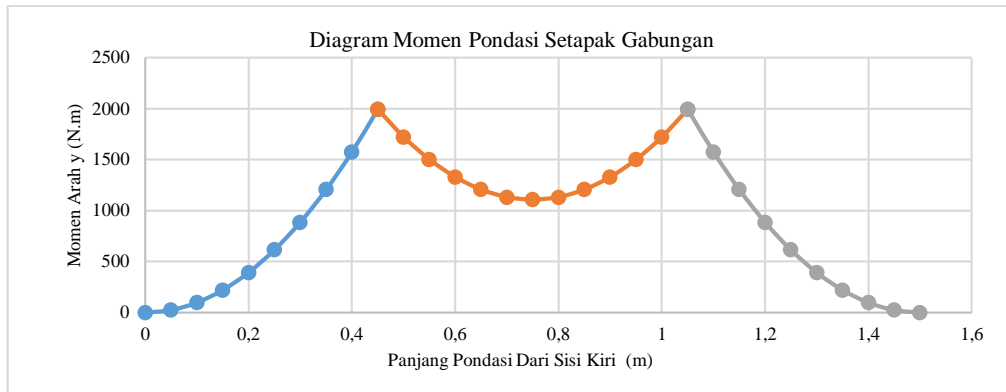
$$c_{ekuivalen} = \frac{\sqrt{\pi} d_{tiang}}{2} = 0,266 \text{ m}; \bar{q}_c = 11,333 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 1111800 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}; q_{ult} = \bar{q}_c \left( \frac{B}{12,2} \right) \left( 1 + \frac{D_f}{B} \right) = 182262 \text{ N/m}^2; q_{all} = \frac{q_{ult}}{FS} = 60754,1 \text{ N/m}^2$$

Beban yang bisa ditahan pondasi =  $q_{all}$ (Area pondasi) = 91131,1 N; Beban kolom = 27,21 kN; Berat kolom = (jumlah kolom) (Area 1 kolom) (z) ( $\gamma_{beton}$ ) = 2,336 kN; Berat tapak = (B)(L)(h)( $\gamma_{beton}$ ) = 10,62 kN; Berat tanah = (B)(L)(z) ( $\gamma_{tanah}$ ) = 17,85 kN; Berat total pada tanah = beban kolom + berat kolom + berat pondasi + berat tanah = 58,016 kN; Kapasitas sisa yang masih dimiliki oleh pondasi = kapasitas tanah dukung - berat total pada tanah = 33,115 kN. Karena tapak pondasi masih memiliki kapasitas sisa maka pondasi aman terhadap beban yang terjadi.

### Perhitungan Tulangan Momen

#### Tulangan momen potongan arah memanjang (long direction)

Diameter tulangan = 10 mm; selimut beton = 75 mm; B = 1 m; d = h - selimut beton - diameter tulangan/2 = 0,22 m  $\geq$  0,15 m SNI 2847:2019 Pasal 13.3.1.2);  $f_y = 280 \text{ MPa}$ ;  $f'_c = 25 \text{ MPa} = \text{N/mm}^2$ ;  $M_u = 1994,38 \text{ Nm} = 1994382 \text{ Nmm}$



Gambar 4. Diagram momen pondasi setapak gabungan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = 0,0484 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right) = 0,000173$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho B d = 14,1147 \text{ mm}^2; A_{s \text{ min}} = 0,002 B d = 440 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan =  $A_{s \text{ min}} / \text{luas lingkaran} = 5,6$  dibulatkan ke 6. Spasi tulangan =  $(B - 2(\text{selimut beton}) - n(\text{dtulangan})) / (n - 1) = 158 \text{ mm}$ . Maka Digunakan D10-150 mm atau 6 D10.

#### Tulangan momen potongan arah memendek (short direction)

Tulangan  $short = 10 \text{ mm}$ ;  $d_{short} = h - \text{selimut beton} - \text{diameter tulangan} = 0,5 \text{ m}$   
 $m \geq 0,15 \text{ m}$

$$\text{beam width strips}(b_w) = \frac{d_{short}}{2} + c + \frac{d_{short}}{2} = 0,476 \text{ m}$$

$$q_{ult} = \frac{P_{total} + b_w h B \gamma_{beton} + b_w B \gamma_{tanah} z}{b_w B} = 50,0212 \text{ kN/m}$$

$$M_u = (q_{ult} B \frac{b_w}{2} \frac{b_w}{4}) - \left( \gamma_{beton} B h \frac{b_w}{2} \left( \frac{b_w}{4} \right) \right) - \left( \gamma_{tanah} B z \frac{b_w}{2} \left( \frac{b_w}{4} \right) \right) = 878,861 \text{ Nm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b_w d_{short}^2} = 0,0492 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right) = 0,000176$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b_w d_{short} = 17,604 \text{ mm}^2; A_{s \text{ min}} = 0,002 b_w d_{short} = 199,887 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan =  $A_{s \text{ min}} / \text{luas lingkaran} = (199,887) / (22/7(10)(10)/4) = 2,544$  dibulatkan ke angka 3. Spasi tulangan =  $(B - 2(\text{selimut beton}) - n(\text{dtulangan})) / (n - 1) = (476 - 3(10)) / (3 - 1) = 222,96 \text{ mm}$ , digunakan d10-200 mm. Maka digunakan 3 D10 atau D10-200 sepanjang lebar aktual balok.  $A_s \text{ dipakai} = 3 * 22/7/4 * 10 * 10 = 235,714 \text{ mm}^2$

#### Cek Geser Satu Arah

penampang kritis terletak pada jarak d rerata dari muka kolom

$$d_{rerata} = \frac{d_{short} + d_{long}}{2} = 0,215 \text{ m}$$

$$i = 0,3 \text{ m}; x = i + \frac{d_{tiang} - c_{ekivalen}}{2} + c_{ekivalen} + d_{rerata} = 0,7979 \text{ m}$$



$$V_i = q_{beban}Bx - \gamma_{beton}Bhx - \gamma_{tanah}Bzx - P_{total} = 944,712 \text{ N}$$

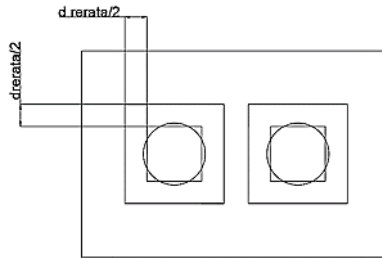
$$b_w = B = 1 \text{ m} ; \phi = 0,75 ; \lambda = 1$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_wd = 182750 \text{ N}$$

$$cek V_u \leq \phi V_c = 944,712 \leq 137062,5 \text{ N}$$

Kapasitas geser jauh lebih besar daripada beban yang terjadi maka pondasi aman terhadap geser

#### Cek Geser Dua Arah (Pons)



Gambar 5. Ilustrasi Area Yang Terpengaruhi Geser Pons

$$A_{pons} = (c_{ekivalen} + d_{rerata})(c_{ekivalen} + d_{rerata}) = 0,2312 \text{ m}^2$$

$$A_c = c_{ekivalen}^2 = 0,0707 \text{ m}^2$$

$$V_{u1} = P_{total} + \gamma_{tanah}z(A_{pons} - A_c) + \gamma_{beton}h(A_{pons} - A_c) - q_{beban}A_{pons} = 8875,27$$

nilai kuat geser pons ditentukan dari nilai terkecil untuk 3 rumus ini

$$\beta_c = \frac{c_{ekivalen} + d_{rerata}}{c_{ekivalen} + d_{rerata}} = 1 ; \alpha_s = 40 \text{ (kolom dalam)}$$

$$b_o = (c_{ekivalen} + d_{rerata})4 = 1,9236 \text{ m} ; A_c = c_{ekivalen}^2 = 0,0707 \text{ m}^2$$

$$V_{c1} = 0,33\lambda\sqrt{f'_c}b_od_{rerata} = 682427,719 \text{ N} ;$$

$$V_{c1} = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d_{rerata}}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d_{rerata} = 1110616,82 \text{ N} ;$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d_{rerata} = 703107,517 \text{ N}$$

$$V_c \text{ dipakai} = 682427,719 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,75 V_n = 0,75(682427,719) = 511820,79 \text{ N}$$

Kapasitas geser dua arah yang dimiliki jauh lebih besar daripada beban geser yang terjadi maka pondasi aman dari geser dua arah.

#### Cek Panjang Penyaluran Tarik

$$\Psi_t = 1 ; \Psi_e = 1 ; \Psi_s = 0,8 ; \lambda = 1 ; d_b = 10 \text{ mm}$$

$$l_d = \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} d_b = 162,909 \leq 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai 300 mm sebagai panjang penyalurannya. Panjang penyaluran yang dimiliki dari pusat kolom ke batas terluar dimensi pondasi adalah 450 mm dan panjang penyaluran tarik



yang diperlukan hanya 300 mm maka pondasi sudah memiliki panjang penyaluran yang cukup untuk kekuatan ultimate.

#### Cek Transfer Beban Kolom ke Pondasi

Transfer beban kolom ke pondasi

$$\phi = 0,65 ; A_1 = c_{ekivalen}^2 = 70714,28571 \text{ mm}^2$$

$N_1 = \phi 0,85 f'_c A_1 = 1172089 \text{ N}$  karena  $P_{total} < N_1$  maka kolom pondasi sudah aman untuk kekuatan tumpu

$$A_{sd} = 0,005 A_1 = 0,005(70714,285) = 353,571 \text{ mm}^2 ;$$

Tulangan kolom = 16 mm

Kebutuhan tulangan stek =  $A_{sd} / (0,25\pi \times \text{tulangan kolom}^2) = 1,7578$  buah dibulatkan menjadi 2 buah tulangan.

#### **Panjang Penyaluran Tulangan Pasak/Stek**

$$d_b = 16 \text{ mm}$$

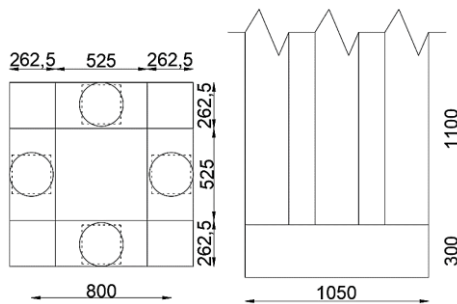
$$a) I_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b = \frac{0,24(280)}{(1)\sqrt{25}} (16) = 215,04 \text{ mm}$$

$$b) I_{dc} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043(16)(280) = 192,64 \text{ mm}$$

$$c) I_{dc} = 200 \text{ mm}, \text{ maka diambil panjang penyaluran terbesar yaitu } 215,04 \text{ mm}$$

Oleh karena pondasi tersedia panjang penyaluran tekan sebesar 300 mm dan panjang penyaluran yang diperlukan hanya 215,04 mm, maka pondasi memiliki panjang penyaluran yang cukup untuk menyalurkan beban kolom. Diberikan juga kait 90 untuk kemudahan konstruksi dan penjangkaran lebih baik.

#### **Pradimensi Pondasi Rakit**



Gambar 6. Ilustrasi dimensi pondasi dan pembagian pondasi berdasarkan tributary area untuk desain lajur Tengah dan lajur tepi pondasi rakit sederhana (sumber: penulis)

$A = 800 \text{ mm}$ ; diameter kolom = 250 mm; minimum dimensi = 1050 mm; lebar lajur tengah (B1) =  $1050/2 = 525 \text{ mm}$ ; lebar lajur tepi (B2) =  $1050/4 = 262,5 \text{ mm}$ ;  $c_{ekivalen} = \frac{\sqrt{\pi} d_{tiang}}{2} = 0,222 \text{ m}$ ;  $z = 1,1 \text{ m}$ ;  $j = 0,8 \text{ m}$ .

#### **Daya Dukung Tanah Menurut Meyerhoff untuk Keseluruhan Pondasi**

Kedalaman dasar pondasi ( $D_f$ ) = 1,4 m

$$\bar{q}_c = 17,111 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 1678600 \frac{\text{N}}{\text{m}^2};$$

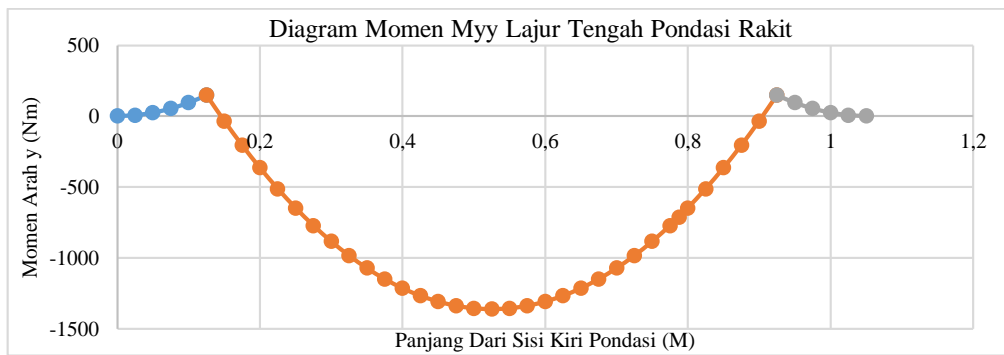
$$q_{ult} = \bar{q}_c \left( \frac{B}{12,2} \right) \left( 1 + \frac{D_f}{B} \right) = 337095,9 \text{ N/m}^2;$$

$$q_{all} = \frac{q_{ult}}{FS} = 112365,3 \text{ N/m}^2;$$

Beban yang bisa ditahan pondasi =  $q_{all}$ (Area pondasi) = 123882,7 N. Beban kolom = 34,52 kN; berat kolom = (jumlah kolom) (Area 1 kolom) (z) ( $\gamma_{beton}$ ) = 5,099 kN; h = 0,3 m; berat pilecap = (B)(L)(h) ( $\gamma_{beton}$ ) = 7,8057 kN; berat tanah = (B)(L)(z) ( $\gamma_{tanah}$ ) = 20,616 kN; berat total pada tanah = beban kolom+berat kolom+berat pondasi+berat tanah= 68,041 kN;  $q_{beban}$  = berat total pada tanah/luas pondasi = 68,041/1,1025 = 61,7159 kN/m<sup>2</sup> = 61715,9 N/m<sup>2</sup>. Oleh karena beban yang bisa ditahan tapak pondasi lebih besar daripada berat total pada tanah, maka pondasi aman terhadap beban yang terjadi.

### Perhitungan Tegangan Tanah dan Momen

$P_{total}$  = (beban kolom/4) + berat kolom/4 = (34,52/4) + (3,245/4) = 9,90425 kN; berat pilecap = (B1)(L)(h) ( $\gamma_{beton}$ ) = 3,902 kN; berat tanah = (B1)(L)(z) ( $\gamma_{tanah}$ ) = 10,3084 kN; berat total pada tanah = beban kolom+berat kolom+berat pondasi+berat tanah= 34,02 kN; reaksi tanah =  $q_{beban}$ (luas pondasi) = 34,02 kN. Maka reaksi tanah = berat total pada tanah. Maka keseimbangan gaya vertikal telah terjadi sehingga bisa dilanjutkan untuk perhitungan momen.



Gambar 7. Diagram momen lajur Tengah pondasi rakit sederhana

### Tulangan momen potongan arah memanjang (long direction)

Diameter tulangan = 10 mm; selimut beton = 75 mm; B = 0,525 m; d = h-concrete cover-diameter tulangan/2 = 0,22 m  $\geq$  0,15 m(SNI Pasal 13.3.1.2);  $f_y$  = 280 Mpa;  $f'_c$  = 25 Mpa

$$M_u = -1361,91 \text{ Nm} = -1361913 \text{ Nmm}; R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = 0,06305 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right) = 0,000226$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b_w d = 24,865 \text{ mm}^2;$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,002 b_w d = 231 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan =  $A_{s \text{ min}}$  / luas lingkaran = (231) / ((22/7)(10)(10)/4) = 2,94 dibulatkan ke 3. Spasi antar tulangan = (525-3(10))/(3-1) = 247,5 mm. Oleh karena itu, digunakan tulangan atas 3 d10 atau d10-200 mm untuk lebar lajur tengah.

### Cek Geser Satu Arah

Cek geser satu arah untuk arah panjang penampang kritis terletak pada jarak d rerata dari muka kolom.  $d_{short}$  = h-selimut beton-diameter tulangan -0,5diameter tulangan = 0,21 m  $\geq$  0,15 m

$$d_{rerata} = \frac{d_{short} + d_{long}}{2} = 0,215 \text{ m}; i = 0,125 \text{ m}; x = i + d_{rerata} + \frac{C_{ekivalen}}{2} = 0,4508 \text{ m}$$

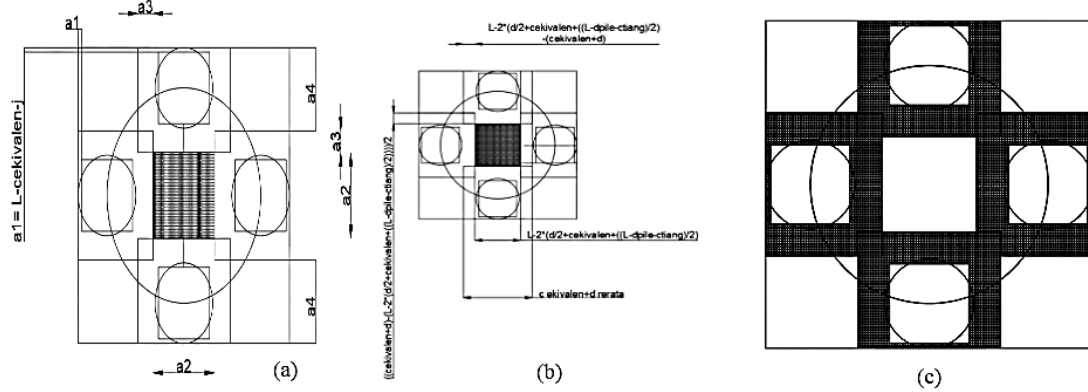
$$V_i = q_{beban} Bx - \gamma_{beton} B h x - \gamma_{tanah} B z x - P_{total} = -1399,87 \text{ N}; \phi = 0,75; \lambda = 1$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d = 0,17(1)(\sqrt{25})(525)(215) = 95943,75 \text{ N}$$

$$cek V_u \leq \phi V_c = 1399,87 \leq 0,75(95943,75) = 47971,875 \text{ N}$$

Karena kekuatan geser nominal jauh lebih besar dari beban geser yang terjadi maka lajur tengah pondasi dinyatakan aman terhadap geser 1 arah.

### Cek Geser Dua Arah



Gambar 8. (a) dan (b) Ilustrasi area dan dimensi untuk geser pons yang ditinjau. (c) ilustrasi  $A_{e1}$  (sumber: penulis)

$$a_1 = \frac{L - j - c_{ekivalen}}{2} = 0,0141 \text{ m};$$

$$A_c = c_{ekivalen}^2 = 0,0491 \text{ m}^2;$$

$$A_{pons} = (c_{ekivalen} + d_{rerata})(a_1 + c_{ekivalen} + d_{rerata}/2) = 0,1498 \text{ m}^2$$

nilai kuat geser pons ditentukan dari nilai terkecil untuk 3 rumus ini

$$\alpha_s = 30 \text{ (kolom tepi)}; \beta_c = \frac{d_{rerata} + c_{ekivalen}}{a_1 + c_{ekivalen} + \frac{d_{rerata}}{2}} = 1,272$$

$$b_o = (c_{ekivalen} + d_{rerata}) + 2 \left( a_1 + c_{ekivalen} + \frac{d_{rerata}}{2} \right) = 1,123 \text{ m}$$

$$V_{u1} = P_{total} + \gamma_{tanah} z (A_{pons} - A_c) + \gamma_{beton} h (A_{pons} - A_c) - q_{beban} A_{pons} = 3375,022 \text{ N}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d_{rerata} = 322801 \text{ N}; V_{c1} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 398456 \text{ N}$$

$$V_{c1} = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d_{rerata} = 775936 \text{ N}$$

$$V_c \text{ dipakai} = 322801 \text{ N}; \phi V_n = 0,75 V_n = 0,75(322801) = 242100 \text{ N}$$

### Shear pons daerah dalam:

$$a_2 = L - 2 \left( a_1 + c_{ekivalen} + \frac{d_{rerata}}{2} \right) = 0,363 \text{ m}; a_3 = \frac{c_{ekivalen} + d_{rerata} - a_2}{2} = 0,0366 \text{ m}$$

$$a_4 = a_1 + c_{ekivalen} + \frac{d_{rerata}}{2} - a_3 = 0,306 \text{ m}$$

$$A_{e1} = ((c_{ekivalen} + d_{rerata})L - 2(c_{ekivalen})^2) - (a_2)^2 + 2(a_4(c_{ekivalen} + d_{rerata}) - (c_{ekivalen})^2) = 0,398 \text{ m}^2$$

Berat yang disalurkan 4 kolom  $P_{ult} = 39,6192 \text{ kN}$

$$A_{e2} = A_{e1} + 4(c_{ekivalen})^2 = 0,594 \text{ m}^2; b_o = 4a_2 = 1,453; \beta_c = \frac{a_3}{a_2} = 1$$

$$V_{ult} = q_{beban} A_{e2} - P_{ult} - \gamma_{tanah} z A_{e1} - \gamma_{beton} h A_{e2} = -14593,57 \text{ N}$$

$$V_{c1} = 0,083 \left( \frac{\alpha_{sd}}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d_{rerata} = 1026729 \text{ N}$$

$$V_{c1} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d_{rerata} = 515662 \text{ N}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d_{rerata} = 531289 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,75 V_n = 0,75(515662) = 386747 \text{ N}$$

### **Perhitungan Tegangan Tanah dan Momen Lajur Tepi Pondasi Rakit Sederhana**

Berat pilecap = (B2)(L)(h) ( $\gamma_{beton}$ ) = 1,95143 kN; berat tanah = (B2)(L)(z) ( $\gamma_{tanah}$ ) = 5,15419 kN; berat total pada tanah = beban kolom + berat kolom + berat pondasi + berat tanah = 17010,4 N; reaksi tanah =  $q_{beban}$  (luas pondasi) = 61,7159 (0,2625)(1,05) = 17,0104 kN.

maka reaksi tanah = berat total pada tanah maka keseimbangan gaya vertikal telah terjadi sehingga bisa dilanjutkan untuk perhitungan momen.

$$M_u = (q_{ult} B_z \frac{b_w}{2} \frac{b_w}{4}) - \left( \gamma_{beton} B_z h \frac{b_w}{2} \left( \frac{b_w}{4} \right) \right) - \left( \gamma_{tanah} B_z z \frac{b_w}{2} \left( \frac{b_w}{4} \right) \right) = 1300,01 \text{ Nm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = 0,1321 \text{ N/mm}^2; \rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f'_c}} \right) = 0,000473$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b_w d = 26,091 \text{ mm}^2; A_{s \text{ min}} = 0,002 b_w d = 110,25 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan =  $A_{s \text{ min}} / \text{luas lingkaran} = (110,25) / ((22/7)(10)(10)/4) = 1,403$  dibulatkan ke 2 buah. Spasi antar tulangan =  $(262,5 - 75 - 2(10)) / (2 - 1) = 167,5 \text{ mm}$ . Maka digunakan 2 D10 atau D10-160 mm untuk daerah lajur tepi.

### Cek Geser Satu Arah

Geser pada d rerata dari muka kolom

$$\phi = 0,75; x = \frac{L}{2} - \left( d_{rerata} + \frac{c_{ekivalen}}{2} \right) = 0,1991 \text{ m}; \lambda = 1$$

$$V_i = q_{beban} Bx - \gamma_{beton} B h x - \gamma_{tanah} B z x - P_{total} = 1878,14 \text{ N}$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d = 0,17(1)(\sqrt{25})(262,5)(215) = 47971,875 \text{ N}$$

$$cek V_u \leq \phi V_c = 17749,158 \leq 0,75(63962,5) = 35978,906 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil pengecekan geser satu arah didapatkan kekuatan nominal jauh lebih besar dari beban yang terjadi yang artinya pondasi dapat memikul beban dengan aman tanpa bahaya geser.

### Cek Panjang Penyaluran Tarik

$$\Psi_t = 1; \Psi_e = 1; \Psi_s = 0,8; \lambda = 1; d_b = 10 \text{ mm}$$

$$l_d = \frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} d_b = 162,909 \leq 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai 300 mm sebagai panjang penyalurannya. Panjang penyaluran yang dimiliki dari titik Tengah pondasi ke batas terluar dimensi pondasi adalah 525 mm dan panjang penyaluran tarik yang diperlukan hanya 300 mm maka pondasi sudah memiliki panjang penyaluran yang cukup untuk kekuatan ultimate.

Cek Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$A_1 = 49107,14 \text{ mm}^2$ ;  $N_1 = \phi 0,85 f'_c A_1 = 1172089 \text{ N}$  karena  $P_{\text{total}} < N_1$  maka kolom pondasi sudah aman untuk kekuatan tumpu

$$A_{sd} = 0,005 A_1 = 353,571 \text{ mm}^2 ; \text{ Tulangan kolom} = 13 \text{ mm}$$

Kebutuhan tulangan stek =  $A_{sd} / (0,25\pi \times \text{tulangan kolom}^2) = 1,8491$  buah dibulatkan menjadi 2 buah tulangan.

Panjang Penyaluran Tulangan Pasak/Stek

$$d_b = 13 \text{ mm}$$

$$a) I_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b = 174,72 \text{ mm};$$

$$b) I_{dc} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 156,52 \text{ mm};$$

$$c) I_{dc} = 200 \text{ mm}$$

Diambil panjang penyaluran terbesar yaitu 200 mm sedangkan panjang penyaluran tersedia 300 mm maka pondasi dapat menyalurkan gaya dengan aman.

**Hasil dan Perbandingan Perhitungan Konvensional dan Program MIDAS Untuk Pondasi Setapak Gabungan dan Pondasi Rakit**

Dalam desain daripada pemodelan midas digunakan teori balok dan teori pelat tebal yang menggunakan analisis teori Reissner-Mindlin dengan tipe mesh yaitu DKMQ (*Discrete Kirchhoff-Mindlin Quadrilateral*) (MIDASoft, 2020).

Dalam pemodelan balok, pelat pondasi setapak gabungan dimodelkan sebagai balok dengan penampang setinggi  $h$  dan lebar  $B$  dan untuk panjangnya  $L$ . Pemodelan balok pondasi rakit sederhana dilakukan sebanyak dua kali yaitu untuk lajur tengah dan lajur tepi yang berbeda lebarnya sesuai lajur masing masing.

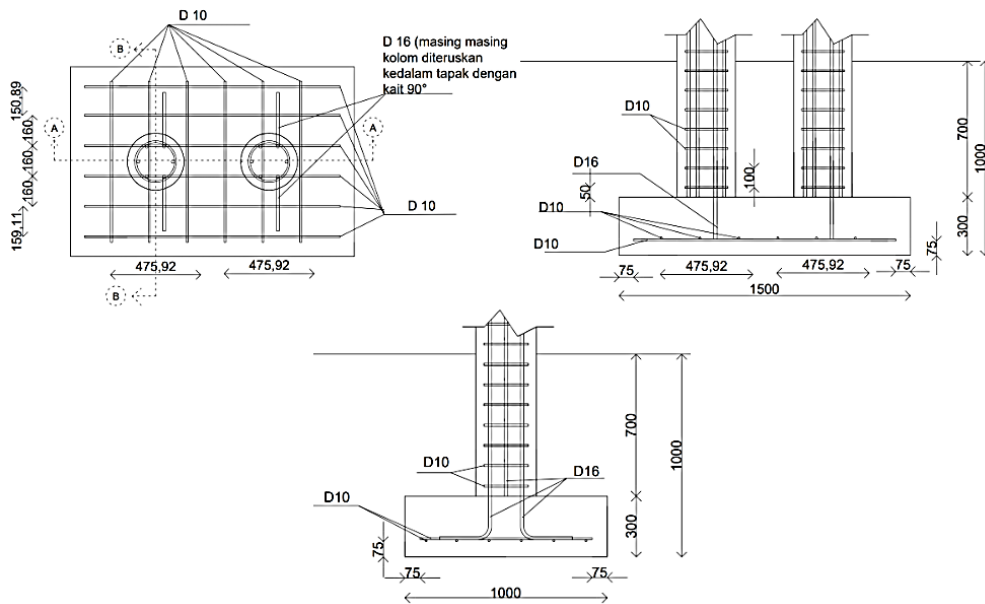
Pemodelan pelat pondasi setapak gabungan dan pondasi rakit dengan teori Reissner-Mindlin menggunakan tipe *mesh* DKMQ pelat dimasukkan dengan *domain thick plate*. Pemilihan *thick plate* didasari kepada tegangan yang terjadi pada daerah beban terpusat pada tapak pondasi yang tidak dapat diabaikan (Timoshenko & Woinowsky-Krieger, 1959) dan ketebalan pelat yang sudah lebih besar dari 0,1 m (Shwetha, dkk., 2018) sehingga pemakaian elemen *thick plate* sudah sangat tepat disamping hasilnya yang bagus dan konvergen (Zienkiewicz, dkk., 2005).

Tabel 2. Jumlah tulangan hasil desain untuk pondasi setapak gabungan dengan metode konvensional dan hasil desain dengan program MIDAS

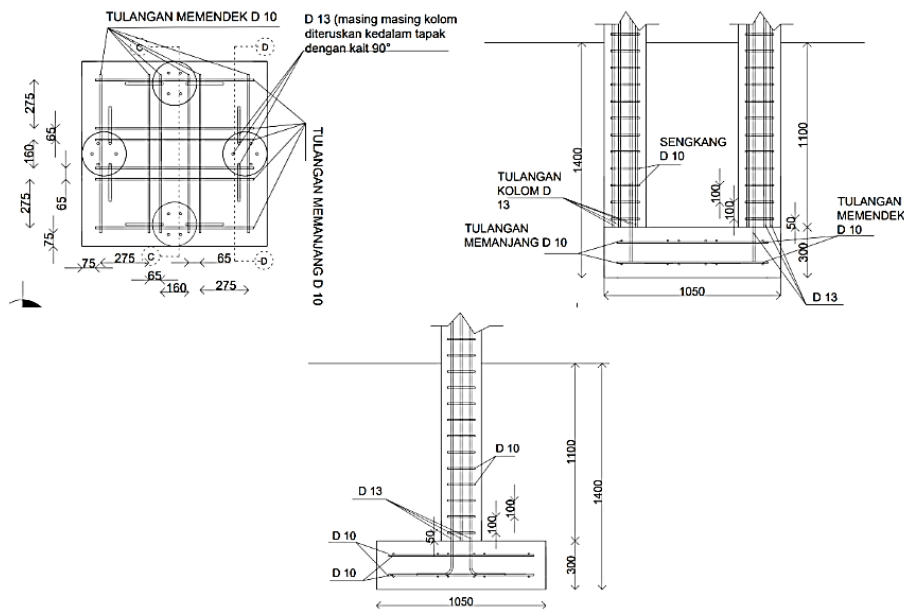
Tulangan pondasi setapak gabungan	konvensional		Midas	
	Arah memanjang	Arah memendek	Arah memanjang	Arah memendek
Atas	-	-	3 D10	4 D10
Bawah	6 D10	6 D10	6 D10	10 D10

Tabel 3. Jumlah tulangan hasil desain untuk pondasi rakit sederhana dengan metode konvensional dan hasil desain dengan program MIDAS

Tulangan pondasi rakit sederhana	konvensional		Midas	
	Arah memanjang	Arah memendek	Arah memanjang	Arah memendek
Atas	7 D10	7 D 10	6 D10	6 D10
Bawah	7 D10	7 D 10	6 D10	6 D10



Gambar 9. Tampak atas dan Potongan Melintang Pondasi Setapak Gabungan



Gambar 10. Tampak atas dan potongan melintang pondasi rakit sederhana

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

- Hasil desain dimensi pondasi setapak gabungan adalah 1500x1000x300 mm kedalaman pondasi dari muka tanah ke dasar tapak pondasi adalah 1000 mm. Total kebutuhan tulangan lentur untuk bagian bawah adalah 6 D 10 untuk tulangan memanjang dan 6 D 10 untuk tulangan memendek, tidak ada tulangan geser, untuk lebih jelas bisa dilihat seperti tergambar di gambar detail pada Gambar 9 Tampak atas dan Potongan Melintang Pondasi Setapak Gabungan.
- Hasil desain dimensi pondasi rakit sederhana adalah 1050x1050x300 mm kedalaman pondasi dari muka tanah ke dasar tapak pondasi adalah 1400 mm. Total kebutuhan tulangan lentur untuk arah memanjang dan memendek bagian atas adalah 6 D10. Total kebutuhan tulangan lentur untuk arah memanjang dan memendek bagian bawah adalah 6 D10, tidak ada tulangan geser, untuk lebih jelas bisa dilihat seperti tergambar di gambar detail pada Gambar 10.

- Desain tulangan pondasi rakit pada proyek restoran Ouh dengan menggunakan program MIDAS lebih lebih efektif dan efisien daripada desain dengan menggunakan metode konvensional.
- Desain tulangan pondasi setapak gabungan pada proyek restoran Ouh dengan menggunakan metode konvensional lebih efektif dan efisien daripada desain dengan menggunakan program MIDAS.
- Terjadi geser 2 arah yang saling menimpa pada pondasi rakit sederhana tetapi pondasi tetap dapat menahan efek dari geser 2 arah tersebut

## 5. Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847-2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan*.
- Bahagianda, D. A. M. (2017). *Analisis Desain Pondasi Rakit Untuk Bangunan Bertingkat dengan Metode Konvensional (Conventional Rigid Method)*. Fakultas Teknik.
- Das, B. M. (2011). *Principle Of Foundation Engineering (Seventh Edition)*. Stamford: Cengage Learning.
- Eslami, A., & Gholami, M. (2005). Bearing capacity analysis of shallow foundations from CPT data. *Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 1463–1466.
- Gouw, T. L. (1993). *Faktor-Faktor Penting dalam Perencanaan Pondasi Dangkal*.
- Luévanos-Rojas, A. (2014). Design of boundary combined footings of rectangular shape using a new model. *Dyna*, 81(188), 199–208.
- MIDASoft. (2020). *Midas Analysis Manual*.
- Orangutan Haven. (2018). *What is Orangutan Haven*.
- Rahmadiansyah, K., & Harahap, D. S. (2022). Analisis Perencanaan Ulang Struktur Pondasi pada Proyek Coffee Shop di Kawasan Pusat Informasi Geopark Kaldera Toba Desa Hutaraja Kabupaten Samosir. *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, 1(2), 165–171.
- Setiawan, A. (2016). Perancangan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847: 2013. *Jakarta: Erlangga*, 301.
- Shwetha, K., Subrahmanya, V., & Bhat, P. (2018). Comparison between thin plate and thick plate from navier solution using matlab software. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(6), 2675–2680.
- Sumurung, G. A., & Simanjuntak, M. R. A. (2019). Identifikasi Faktor & Variabel Defect Pekerjaan Raft Foundation (Studi Kasus: Bangunan Gedung Tinggi di Jakarta Pusat). *TECHNOPEX 2019*.
- Timoshenko, S., & Woinowsky-Krieger, S. (1959). *Theory of plates and shells* (Vol. 2). McGraw-hill New York.
- Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., & Zhu, J. Z. (2005). *The finite element method: its basis and fundamentals*. Elsevier.



# JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL

**Analisis Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Flat Slab Dilengkapi Drop Panel pada Bangunan Bertingkat**

*Imanuel Lurybson ZEGA, Martius GINTING, Simon Dertha TARIGAN*

**Aplikasi Metode Performance Based Design dalam Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Beton 6 Lantai**

*Arie Sempama SURBAKTI, Martius GINTING, Samsuardi BATUBARA*

**Perencanaan Pondasi Setapak Gabungan dan Pondasi Rakit Sederhana pada Proyek Orangutan Haven Sumatera Utara**

*Elbert Chardi UTOMO, Johannes TARIGAN*

**Pembatasan dalam Pemanfaatan Air Hasil Daur Ulang IPAL pada Universitas Vittorio Kurniawan, Widodo Kushartomo, Kevin**

**Analisis Karakteristik Curah Hujan Kota Medan Bagian Utara dengan Menggunakan 3 Data Stasiun Hujan**

*Henry Muliadi NABABAN, Binsar SILITONGA, Reynaldo SIAHAAN*

**Analisis Tingkat Kepuasan Penyedia Jasa Konstruksi/Konsultansi terhadap Pelaksanaan Pengadaan Secara Elektronik (e-Procurement) pada ULP Kabupaten Halmahera Selatan**

*Friyani N. ARIF, Mufti Amir SULTAN, Muhammad Taufiq Yuda SAPUTRA, Amiruddin Hi MUHAMMAD*





## **Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)**

Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas berisi artikel-artikel ilmiah yang meliputi kajian di bidang teknik khususnya Teknik Sipil, seperti matematika teknik, mekanika teknik, analisis struktur, konstruksi baja, konstruksi beton, konstruksi kayu, konstruksi gelas, mekanika tanah, teknik pondasi, hidrologi, hidrolika, bangunan air, manajemen konstruksi, dinamika struktur, *earthquake engineering*, sistem dan rekayasa transportasi, ilmu ukur tanah, struktur bangunan sipil, rekayasa jalan raya, serta penelitian-penelitian lain yang terkait dengan bidang-bidang tersebut.

*Terbit dalam 2 (dua) kali setahun yaitu pada bulan April dan September*

### **Penasihat :**

Rektor Universitas Katolik Santo Thomas

### **Ketua Penyunting (Editor in Chief) :**

Ir. Oloan Sitohang, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

### **Manajer Penyunting (Managing Editor):**

Reynaldo, S.T., M.Eng. (Universitas Katolik Santo Thomas)

### **Anggota Penyunting (Editorial Board):**

Dr.-Ing. Sofyan, S.T, M.T. (Universitas Malikussaleh)

Dr. Dwi Phalita Upahita (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi)

Samsuardi Batubara, S.T., M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr. Janner Simarmata (Universitas Negeri Medan)

### **Mitra Bestari (Peer Reviewer):**

Dr.Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. (Universitas Lampung, Indonesia)

Ir. Binsar Silitonga, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Budi Hasiholan, S.T., M.T., Ph.D (Institut Teknologi Bandung, Indonesia)

Ir. Charles Sitindaon, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Erica Elice Uy (De La Salle University, Philippines)

Dr. Ernesto Silitonga, S.T, D.E.A. (Universitas Negeri Medan, Indonesia)

Prof. Dr-Ing. Johannes Tarigan (Universitas Sumatera Utara, Indonesia)

Dr. Linda Prasetyorini (Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia)

Ir. Martius Ginting, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas)

Dr.Eng. Mia Wimala (Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia)

Dr.Eng. Minson Simatupang (Universitas Halu Oleo, Indonesia)

Dr. Mochamad Raditya Pradana (Keppel Marine and Deepwater Technology, Singapura)

Dr. Ir. Shirley Susanne Lumeno, S.T., M.T. (Universitas Negeri Manado, Indonesia)

Dr. Senot Sangadji (Universitas Sebelas Maret, Indonesia)

Ir. Simon Dertha, M.T. (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

Dr. Thi Nguyễn Cao (Tien Giang University, Viet Nam)

### **Ilustrator Sampul:**

Yulianto, ST., M.Eng (Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia)

### **Penerbit & Alamat Redaksi:**

Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas

Jl. Setiabudi No. 479-F Tanjung Sari, Medan 20132

Telp. (061) 8210161 Fax : (061) 8213269

email : sipil@ust.ac.id

## Konten

<b>REKAYASA STRUKTUR</b>	hal.
<b>Analisis Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Flat Slab Dilengkapi Drop Panel pada Bangunan Bertingkat</b>	57-67
<i>Imanuel Lurybson ZEGA, Martius GINTING, Simon Dertha TARIGAN</i>	
<b>Aplikasi Metode Performance Based Design dalam Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Beton 6 Lantai</b>	69-79
<i>Arie Sempana SURBAKTI, Martius GINTING, Samsuardi BATUBARA</i>	
<b>REKAYASA GEOTEKNIK</b>	
<b>Perencanaan Pondasi Setapak Gabungan dan Pondasi Rakit Sederhana pada Proyek Orangutan Haven Sumatera Utara</b>	81-95
<i>Elbert Chardi UTOMO, Johannes TARIGAN</i>	
<b>TEKNIK SUMBER DAYA AIR</b>	
<b>Pembatasan dalam Pemanfaatan Air Hasil Daur Ulang IPAL pada Universitas</b>	97-105
<i>Vittorio Kurniawan, Widodo Kushartomo, Kevin</i>	
<b>Analisis Karakteristik Curah Hujan Kota Medan Bagian Utara dengan Menggunakan 3 Data Stasiun Hujan</b>	107-118
<i>Henry Muliadi NABABAN, Binsar SILITONGA, Reynaldo SIAHAAN</i>	
<b>MANAJEMEN KONSTRUKSI</b>	
<b>Analisis Tingkat Kepuasan Penyedia Jasa Konstruksi/Konsultansi terhadap Pelaksanaan Pengadaan Secara Elektronik (e-Procurement) pada ULP Kabupaten Halmahera Selatan</b>	119-132
<i>Friyani N. ARIF, Mufti Amir SULTAN, Muhammad Taufiq Yuda SAPUTRA, Amiruddin Hi MUHAMMAD</i>	

## **Pengantar Redaksi**

Puji dan syukur kami sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas kasih karuniaNYA kami dapat menyelesaikan penerbitan Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS) Volume 6 Nomor 2 di bulan Oktober tahun 2023 ini. Pada edisi ini, telah diterbitkan 6 artikel yang telah melewati proses *peer-review* dan penyuntingan artikel. Keenam artikel tersebut terdiri atas 2 (dua) artikel dalam topik Rekayasa Struktur, 1 (satu) artikel dalam topik Rekayasa Geoteknik, 2 (dua) artikel dalam topik Teknik Sumber Daya Air, dan 1 (satu) artikel dengan topik Manajemen Konstruksi.

Dewan redaksi menyampaikan apresiasi tinggi kepada para penulis yang karyanya diterbitkan pada volume ini, atas kerja samanya merespon komentar dan rekomendasi dari tim editorial dan mitra bestari. Ungkapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para mitra bestari atas kontribusi dukungannya dan kesediaannya menyambut permintaan kami untuk menelaah karya ilmiah yang masuk.

Sebagai penutup, kami memiliki harapan bahwa JRKMS semakin bermanfaat dalam dunia ketekniksipilan di Indonesia, serta menjadi pilihan bagi seluruh kalangan (akademisi, praktisi, mahasiswa, dsb.) untuk mempublikasikan dan memasarkan karya tulisnya untuk dinikmati secara luas.

Salam hangat dan Salam sehat.

Medan, Oktober 2023

Tim Editorial



**JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL**  
| Volume 6 | Nomor 2 | Oktober 2023 |

Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas  
<https://doi.org/10.54367>



**GARUDA**  
GARUDA RUJUKAN DIGITAL



**ISJD** Neo



**neliti**



**Indonesia**  
**OneSearch**  
by PERPUSNAS



**BASE**