

Analisa Pengaruh Eksentrisitas Pondasi Telapak Terhadap Tegangan Dasar Pondasi

La Rahman^{1*}, Mardis Darwis¹, Ezra Pasereng Rambak¹, Raja Agung H.S¹

¹Teknologi Sipil, Politeknik Tridaya Virtu

Koresponden*, Email: oman.lambola@gmail.com

Info Artikel	Abstract
Diajukan : 2 April 2024 Diperbaiki : 14 April 2024 Disetujui : 16 April 2024	<i>In the construction of a structure, the foundation is a critical element that serves to transfer loads to the ground. When the foundation is not symmetrical, eccentricity occurs, leading to an uneven distribution of loads. This study analyzes the impact of eccentricity on shallow foundations with respect to the stress at the foundation base and soil bearing capacity. The research findings indicate that an increase in eccentricity, whether in one or two directions, results in higher stress at the foundation base. The stress values observed for Models 1 through 5 are 169.25 kN/m², 430.80 kN/m², 592.35 kN/m², 1023.15 kN/m², and 1453.94 kN/m², respectively. The allowable soil bearing capacity determined using the Terzaghi method is 440.11 kPa, while the Meyerhof method provides a higher value of 846.93 kPa. Additionally, eccentricity affects the minimum stress values of the foundation, with Models 1 and 2 showing positive stress values of 269.25 kN/m² and 107.70 kN/m², respectively, whereas Models 3, 4, and 5 exhibit negative stress values of -53.85 kN/m², -484.64 kN/m², and -915.45 kN/m². This indicates that as eccentricity increases, the minimum stress value decreases, causing the foundation base to experience tensile stress.</i>

Keywords: Eccentricity Bearing Capacity Allowable Stress

Abstrak

Dalam pembangunan suatu struktur, pondasi merupakan elemen penting yang berfungsi menyalurkan beban ke tanah. Pada kondisi pondasi yang tidak simetris, terjadi eksentrisitas yang menyebabkan beban tidak terdistribusi secara merata. Penelitian ini menganalisis pengaruh eksentrisitas pada pondasi telapak terhadap tegangan dasar pondasi dan daya dukung tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan eksentrisitas pada pondasi telapak, baik dalam satu arah maupun dua arah, menyebabkan peningkatan tegangan pada dasar pondasi. Nilai tegangan yang dihasilkan dari Model 1 hingga Model 5 berturut-turut adalah 169,25 kN/m², 430,80 kN/m², 592,35 kN/m², 1023,15 kN/m², dan 1453,94 kN/m². Daya dukung tanah izin yang diperoleh melalui metode Terzaghi adalah 440,11 kPa, sementara metode Meyerhof memberikan nilai yang lebih tinggi, yaitu 846,93 kPa. Selain itu, eksentrisitas juga berdampak pada nilai tegangan minimum pondasi, di mana Model 1 dan Model 2 memiliki nilai tegangan di atas nol sebesar 269,25 kN/m² dan 107,70 kN/m², sementara Model 3, Model 4, dan Model 5 menunjukkan nilai tegangan di bawah nol, yaitu -53,85 kN/m², -484,64 kN/m², dan -915,45 kN/m². Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar eksentrisitas, nilai tegangan minimum semakin kecil, yang menyebabkan dasar pondasi mengalami tegangan tarik.

Kata kunci: Eksentrisitas, Daya Dukung, Tegangan Izin

1. PENDAHULUAN

Pondasi telapak merupakan salah satu jenis pondasi dangkal yang paling umum digunakan dalam konstruksi bangunan, terutama untuk bangunan bertingkat rendah atau struktur dengan beban ringan hingga sedang. Keunggulan pondasi telapak terletak pada kemudahan konstruksi, efisiensi biaya, serta waktu pelaksanaan yang relatif singkat. Namun, dalam praktik lapangan, desain pondasi sering kali menghadapi berbagai kendala, terutama terkait dengan keterbatasan lahan. Pada kondisi ini, sering terjadi penyimpangan dari desain ideal, yang menyebabkan pondasi tidak simetris atau mengalami eksentrisitas.

Eksentrisitas pada pondasi telapak adalah fenomena di mana beban tidak terdistribusi secara merata di seluruh area pondasi, melainkan cenderung berpindah ke satu sisi. Kondisi ini terjadi karena pusat massa beban tidak

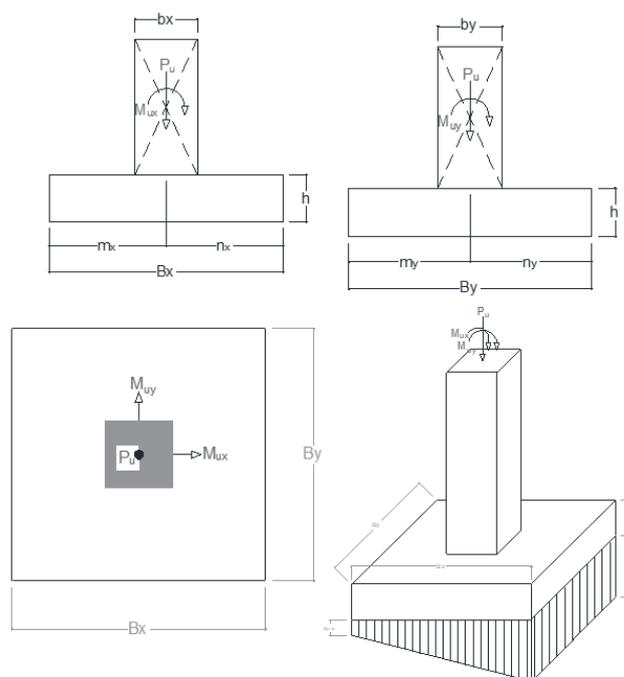
berada tepat di atas pusat pondasi, yang dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti asimetri beban, kesalahan konstruksi, atau keterbatasan lahan yang memaksa pergeseran posisi pondasi. Akibat dari eksentrisitas ini sangat signifikan, karena dapat menyebabkan peningkatan tegangan pada satu sisi pondasi, penurunan kapasitas daya dukung, hingga potensi terjadinya penurunan (*settlement*) yang tidak merata.

Dampak eksentrisitas yang tidak terkontrol bisa sangat merugikan, mengakibatkan deformasi struktur, retakan pada bangunan, atau bahkan kegagalan struktural yang lebih serius. Pengaruh eksentrisitas juga dipengaruhi oleh kepadatan tanah [1]. Dalam konteks ini, penting untuk memahami bagaimana eksentrisitas mempengaruhi kinerja pondasi telapak, terutama terkait dengan kapasitas daya dukungnya. Penelitian mengenai pengaruh eksentrisitas pada pondasi telapak menjadi sangat relevan untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana eksentrisitas dapat mempengaruhi stabilitas pondasi, serta memberikan rekomendasi desain yang dapat meminimalkan risiko kegagalan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang rekayasa sipil, terutama dalam desain dan analisis pondasi telapak yang menghadapi kondisi eksentrisitas. Dengan memahami lebih baik bagaimana eksentrisitas mempengaruhi kapasitas dan stabilitas pondasi, diharapkan dapat dihasilkan strategi desain yang lebih efektif dan aman, sehingga bangunan yang didirikan di atas pondasi telapak dapat mencapai performa yang optimal meskipun menghadapi keterbatasan lahan dan tantangan teknis lainnya.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan memaksimalkan data-data sekunder yang tersedia. Pondasi yang dianalisis merupakan tipe pondasi telapak yang menopang bangunan sederhana berupa gedung perkantoran. Detail objek penelitian ini diperlihatkan pada tabel dan gambar berikut:



Gambar 1 Detail Objek Penelitian

Objek penelitian berupa beberapa tipe pondasi telapak yang memiliki eksentrisitas antara titik pusat beban dan titik pusat massa. Eksentrisitas direncanakan hanya terjadi pada satu arah dengan nilai yang berbeda-beda pada

tiap modelnya. Jarak titik pusat massa dan titik pusat beban pada masing-masing arah diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 1 Parameter Lebar Pondasi

Model	B (mm)	L (mm)	x (mm)	y (mm)
Model 1	1500	1500	750	750
Model 2	1500	1500	900	750
Model 3	1500	1500	1100	750
Model 4	1500	1500	1300	750

Properti material tanah menggunakan data dalam [1]. Adapun properties material yang digunakan diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 2 Properti Material

Parameter	Nilai	Satuan
Mutu beton ($f'c$)	22,5	Mpa
Mutu Tulangan (Fy)	420	Mpa
Berat Volume Tanah (γ)	0,137	kPa
Sudut Gesek Dalam (ϕ)	45,00	°
Kohesi (c)	7,35	kPA

Data tersebut kemudian digunakan untuk dilakukan pengecekan terhadap tegangan tanah yang terjadi pada dasar pondasi. Tegangan tersebut tidak boleh melebihi kapasitas daya dukung pada tanah. Menurut Meyerhof dalam Kalego (2021) daya dukung tanah dapat ditentukan dengan persamaan:

$$q_u = S_c d_c i_c c N_c + S_q d_q i_q P_0 N_q + S_\gamma d_\gamma i_\gamma 0,5 B_\gamma N_\gamma \tag{1}$$

Dimana:

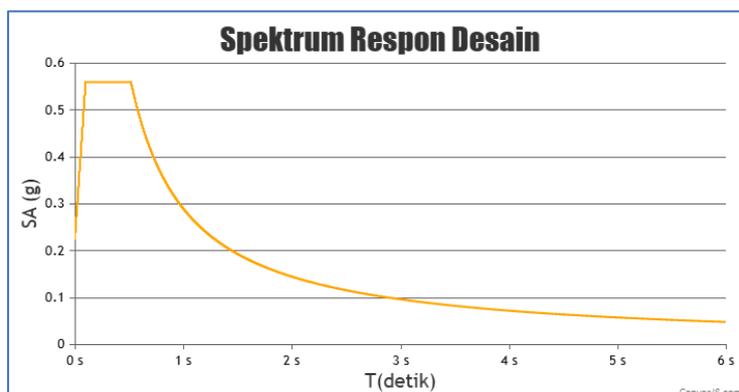
- q_u = Kapasitas Daya Dukung Ultimit (ton/m^2)
- $N_c N_q N_\gamma$ = Faktor Daya Dukung Mayerhof
- $S_c S_q S_\gamma$ = Faktor bentuk pondasi
- $d_c d_q d_\gamma$ = Faktor kedalaman pondasi
- $i_c i_q i_\gamma$ = Faktor kemiringan beban
- B = Lebar pondasi (m)
- $P_o = D_f \gamma$ = Tekanan Overburden pada dasar pondasi (ton/m^2)
- D_f = Kedalaman Pondasi (m)
- γ = Berat volume tanah (ton/m^3)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Pembebanan Struktur Atas

Untuk mendapatkn gaya yang bekerja pada pondasi, struktur bagian atas dianalisis terlebih dahulu berdasarkan beban-beban yang bekerja. Adapun beban yang dipertimbangkan yakni beban mati, beban hidup dan beban gempa. Beban gempa dianalisis menggunakan metode analisa respon spektra dengan memanfaatkan data

percepatan batuan dasar dari <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> untuk wilayah gempa desa Morosi. Dari data tersebut didapatkan grafik respon spektra untuk klasifikasi tanah sedang sebagai berikut:



Gambar 2 Grafik Respon Spektra Wilayah Morosi

Dari hasil analisis terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur atas didapatkan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi yakni:

Tabel 3 Gaya Yang Bekerja Pada Pondasi

Parameter	Nilai	Satuan
Gaya Aksial (P)	647,526	kN
Momen Arah X (M _x)	49,673	kN.m
Momen Arah Y (M _y)	41,751	kN.m

3.2 Analisa Tegangan Tanah Pada Pondasi

Tegangan tanah pada pondasi merupakan akumulasi dari tegangan-tegangan yang terjadi pada pondasi akibat gaya-gaya dari struktur atas. Pada kasus pondasi dengan eksentrisitas, momen yang digunakan merupakan nilai momen dari hubungan antara gaya aksial dan eksentrisitas pada masing-masing sisi yang besarnya ditentukan dengan persamaan:

$$e_B = \left| x - \frac{B}{2} \right| \tag{2}$$

$$e_L = \left| y - \frac{L}{2} \right| \tag{3}$$

Dengan:

x = jarak antara titik pusat pondasi dan titik pusat beban arah x (m)

y = jarak antara titik pusat pondasi dan titik pusat beban arah y (m)

B = lebar pondasi arah x (m)

L = eksentrisitas pondasi arah y (m)

Besarnya eksentrisitas pada model 2 yakni:

$$e_B = \left| x - \frac{B}{2} \right| = \left| 900 - \frac{1500}{2} \right| = 150 \text{ mm}$$

$$e_L = \left| y - \frac{L}{2} \right| = \left| 750 - \frac{1500}{2} \right| = 0 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan eksentrisitas untuk tiap model diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 4 Eksentrisitas Model Pada Masing-masing Arah

Model	e_B (mm)	e_L (mm)
Model 1	0	0
Model 2	150	0
Model 3	150	150
Model 4	550	150
Model 5	550	550

Nilai eksentrisitas tersebut kemudian digunakan untuk menentukan besarnya tegangan tanah pada dasar pondasi berdasarkan persamaan:

$$q_{max} = \frac{P}{A} + \frac{6 \times P \times e_B}{B \times L^2} + \frac{6 \times P \times e_L}{L \times B^2} \tag{4}$$

Besarnya tegangan tanah yang terjadi pada pondasi untuk model 2 yakni:

$$q_{max} = \frac{P}{A} + \frac{6 \times P \times e_B}{B \times L^2} + \frac{6 \times P \times e_L}{L \times B^2}$$

$$q_{max} = \frac{605,81}{1,5 \times 1,5} + \frac{6 \times 605,81 \times 0,15}{1,5 \times 1,5^2} + \frac{6 \times 605,81 \times 0}{1,5 \times 1,5^2}$$

$$q_{max} = 430,80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{P}{A} - \frac{6 \times P \times e_B}{B \times L^2} - \frac{6 \times P \times e_L}{L \times B^2}$$

$$q_{min} = \frac{605,81}{1,5 \times 1,5} - \frac{6 \times 605,81 \times 0,15}{1,5 \times 1,5^2} - \frac{6 \times 605,81 \times 0}{1,5 \times 1,5^2}$$

$$q_{min} = 107,70 \text{ kN/m}^2$$

Nilai tegangan yang terjadi untuk masing-masing model diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 5 Tegangan Tanah Pada Masing-Masing Model

Model	Bx	By	e_B	e_L	σ_{max}	σ_{min}
Model 1	1.5	1.5	0.00	0.00	269.25	269.25
Model 2	1.5	1.5	0.15	0.00	430.80	107.70
Model 3	1.5	1.5	0.15	0.15	592.35	-53.85
Model 4	1.5	1.5	0.55	0.15	1023.15	-484.65
Model 4	1.5	1.5	0.55	0.55	1453.94	-915.45

Dari tabel tersebut diatas terlihat bahwa model pertama dan kedua memiliki nilai tegangan minimum yang lebih besar dari nol. Hal ini menandakan bahwa tidak terjadi tegangan tarik pada penampang. Sedangkan pada model ketiga dan keempat, nilai tegangan minimum yang terjadi lebih besar dari nol yang menandakan bahwa terjadi tegangan tarik. Pada saat pondasi memiliki eksentrisitas yang besar, maka diperlukan dimensi yang lebih besar pada pondasi

3.3 Analisa Daya Dukung Tanah Metode Terzaghi

Daya dukung tanah pada tanah dapat ditentukan dengan berbagai macam metode, salah satunya adalah dengan menggunakan metode Terzaghi. Dalam [2] Terzaghi mengajukan teori terkait kapasitas bearing ultimate tanah yang ditentukan dengan persamaan:

$$q'_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B'N_\gamma \tag{5}$$

Dari hasil analisa terhadap daya dukung tanah didapatkan:

Tabel 6 Parameter Daya Dukung Tanah Metode Terzaghi

Parameter	Nilai	Satuan
Berat isi tanah (γ)	0,137	kPa
Kohesi tanah (c')	7,35	kPa
Sudut geser dalam (ϕ)	45	°
Faktor kapasitas bearing (N_c)	172,29	
Faktor kapasitas bearing (N_q)	173,29	
Faktor kapasitas bearing (N_γ)	294,50	
$q = D_f \times \gamma$	0.137	
Daya dukung ultimate (q_{ulti})	1320.33	kPa
Safety factor (SF)	3	
Daya dukung tanah ijin (q_u)	440,11	kPa

Dari hasil analisa terhadap daya dukung tanah pada pondasi didapatkan bahwa nilai daya dukung ijin pondasi sebesar 440,11 kN/m². Jika dibandingkan dengan nilai tegangan pada dasar pondasi masing-masing model memperlihatkan bahwa untuk model 1 dan model 2, tegangan pada pondasi lebih kecil dari tegangan ijin yakni sebesar 169,25 kN/m² dan 430,80 kN/m². Sedangkan untuk model 3, model 4 dan model 5, didapatkan nilai sebesar 592,35 kN/m², 1023,15 kN/m², dan 1453,94 kN/m² yang mana nilai tersebut lebih besar dari daya dukung ijin tanah. Penambahan eksentrisitas pada pondasi dapat meningkatkan tegangan pada dasar pondasi. Ketika eksentrisitas terjadi pada dua arah, maka tegangan yang terjadi menjadi lebih besar dari eksentrisitas pada satu arah. Penempatan beban pada sisi paling luar pondasi telapak menyebabkan eksentrisitasnya menjadi sangat besar dan meningkatkan tegangan pada dasar pondasinya.

3.4 Analisa Daya Dukung Tanah Metode Mayerhof

Metode lain yang dapat digunakan untuk menentukan daya dukung tanah ijin adalah metode Mayerhof. Persamaan yang digunakan untuk menentukan tegangan ijin yakni:

$$q_{ult} = s_c d_c C N_c + s_q d_q q N_q + 0.5 B s_\gamma d_\gamma \gamma N_\gamma \tag{6}$$

Parameter tanah untuk metode Mayerhof dalam [3] yakni:

Tabel 7 Parameter Daya Dukung Tanah Metode Mayerhof

Parameter	Nilai	Satuan
Berat isi tanah (γ)	0,137	kPa
Kohesi tanah (c')	7,35	kPa
Sudut geser dalam (ϕ)	45	°
Faktor kapasitas bearing (N_c)	133,87	
Faktor kapasitas bearing (N_q)	134,87	
Faktor kapasitas bearing (N_γ)	262,74	

Maka:

$$s_c = 1 + \left(\frac{B Nq}{L Nc} \right) = 1 + \left(\frac{1,5 \cdot 134,87}{1,5 \cdot 133,87} \right) = 1,99$$

$$s_q = 1 + \left(\frac{B}{L} \right) \tan \varphi = 1 + \left(\frac{1,5}{1,5} \right) \tan 45 = 2,00$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \left(\frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left(\frac{1,5}{1,5} \right) = 0,60$$

$$d_c = 1 + 0,4 \left(\frac{Df}{B} \right) = 1 + 0,4 \left(\frac{1}{1,5} \right) = 1,27$$

$$d_q = 1 + 2 \left(\frac{Df}{B} \right) \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 = 1 + 2 \left(\frac{1}{1,5} \right) \tan 45 (1 - \sin 45)^2 = 1,11$$

$$d_\gamma = 1$$

$$q_{ult} = s_c d_c C N_c + s_q d_q q N_q + 0,5 B s_\gamma d_\gamma \gamma N_\gamma = 2540,79 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = \frac{q_{ult}}{SF} = \frac{2540,79}{3} = 846,93 \text{ kPa}$$

Dari hasil analisa terhadap daya dukung tanah metode Mayerhof pada pondasi didapatkan bahwa nilai daya dukung ijin pondasi sebesar 846,93 kN/m². Jika dibandingkan dengan nilai tegangan pada dasar pondasi masing-masing model memperlihatkan bahwa untuk model 1, model 2 dan model 3, tegangan pada pondasi lebih kecil dari tegangan ijin yakni sebesar 169,25 kN/m², 430,80 kN/m² dan 592,35 kN/m². Sedangkan untuk model 4 dan model 5, didapatkan nilai sebesar, 1023,15 kN/m², dan 1453,94 kN/m² yang mana nilai tersebut lebih besar dari daya dukung ijin tanah. Untuk model yang dianalisis, metode Mayerhof memberikan nilai dan daya dukung ijin yang lebih besar dibandingkan dengan metode Terzaghi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil berikut:

1. Penambahan eksentrisitas pada pondasi telapak dapat meningkatkan tegangan pada dasar pondasi baik eksentrisitas terjadi pada satu arah maupun dua arah. Tegangan pada dasar pondasi untuk Model 1 sampai Model 5 secara berturut-turut yakni 169,25 kN/m², 430,80 kN/m², 592,35 kN/m², 1023,15 kN/m², dan 1453,94 kN/m².
2. Penambahan eksentrisitas juga mempengaruhi nilai tegangan minimum pondasi. Model 1 dan model 2 memiliki nilai tegangan yang lebih besar dari nol yakni 269,25 kN/m² dan 107,70 kN/m². Sedangkan model 3, model 4 dan model 5 memiliki nilai yang lebih kecil dari nol yakni -53,85 kN/m², -484,64 kN/m² dan -915,45 kN/m². Semakin besar eksentrisitas pada pondasi, maka nilai tegangan minimum semakin kecil sehingga menyebabkan dasar pondasi mengalami tegangan tarik.
3. daya dukung tanah izin yang didapatkan untuk metode Terzaghi yakni sebesar 440,11 kPa dan untuk metode Mayerhof sebesar 846,93 kPa. Nilai daya dukung tanah izin untuk metode Mayerhof lebih besar dari metode Terzaghi.
4. Pada saat tegangan tanah pada dasar pondasi dan tegangan izin dibandingkan, Model 1 dan Model 2 memiliki nilai yang lebih kecil dari tegangan izin Metode Terzaghi. Sedangkan pada metode Mayerhof

Model 1, Model 2 dan Model 3 memiliki nilai tegangan pada dasar pondasi yang lebih kecil dari nilai tegangan izin.

Daftar Pustaka

- [1] C. T. Rawung, J. E. R. Sumampouw, and O. B. A. Sompie, “Analisis Perilaku Beban Lateral Eksentris Terhadap Kapasitas Tiang Pancang Tunggal Vertikal Pada Pasir Homogen,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no. 6, pp. 871–882, 2020.
- [2] “Braja M. Das & Nagaratnam Sivakugan - Principles of Foundation Engineering, 9th Edition, SI Edition-Cengage Learning, Inc. (2019)”.
- [3] E. Aisah and F. Dhiniati, “Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal dengan Teori Terzaghi dan Mayerhof,” *Konstruksia*, vol. 15, no. 1, p. 127, Dec. 2023, doi: 10.24853/jk.15.1.127-136.
- [4] Q. A. Prasetyo, A. Misela, M. Khofifah, A. K. Damayanti, and H. Farichah, “The Effect of Ecentric Load on The Carrying Capacity Rectangular Foundation on Clay.”
- [5] Standar Nasional Indonesia 1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung.
- [6] Standar Nasional Indonesia 1727:2013, Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
- [7] Standar Nasional Indonesia 2847:2019, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung