

**STUDI EKSPERIMENTAL FONDASI DANGKAL DENGAN
BEBAN TARIK PADA TANAH PASIR*****EXPERIMENTAL STUDY OF SHALLOW FOUNDATION WITH
UPLIFT LOAD IN SAND*****Raudah Ahmad**Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda
*raudah_ahmad@gmail.com***Agus Darmawan Adi**Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
*adadhi@yahoo.com***Hary Christady Hardiyatmo**Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Indonesia
*harychristady@yahoo.com***INTISARI**

Investigasi pada gaya tarik ke atas fondasi dangkal telah diungkapkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi hubungan antara beban tarik ke atas dan perpindahannya adalah bentuk telapak dan kedalaman fondasi. Hasil uji di Laboratorium ditampilkan dalam studi ini yang dibandingkan dengan metode analisis dari teori yang telah ada. Penelitian dilakukan pada tanah pasir murni. Bentuk telapak yang digunakan adalah persegi dan lingkaran dengan diameter 30 cm. Rasio kedalaman terhadap diameter telapak adalah 0,33; 0,67 dan 1. Hasil uji Laboratorium menunjukkan perbedaan hasil dengan Hasil analisis. Hasil pengujian tarik diperoleh kapasitas ultimit tarik dan diameter bidang runtuh di permukaan meningkat dengan bertambahnya kedalaman. Prisma tanah yang terangkat membentuk sudut kelongsoran yaitu $\theta = \frac{1}{2}\phi$. Hasil pengujian tarik model fondasi dangkal dengan telapak persegi lebih besar 28,35% terhadap telapak lingkaran pada lebar (B) dan diameter (D) yang sama. Das dan Seeley (1975) menghasilkan nilai kapasitas ultimit tarik terbesar. Metode Bowles (1988) menghasilkan nilai terkecil. Metode Murray dan Geddes (1987) memiliki nilai yang mendekati hasil pengamatan.

Kata kunci : Kapasitas ultimit tarik, tanah kepasiran, bentuk telapak

ABSTRACT

An investigation into the vertical uplift of shallow foundation in sand is described. Factors investigated in relation to the load-displacement response were the shape of footing and depth of embedment. The results of laboratory tests are presented, together with analysis methods by existing theories to predicting the ultimate resistance. Soil used on sandy soil. Shape footing used are square and circular footing with diameter footing is 30 cm. Embedment ratio are 0,33; 0,67 and 1. Comparisons are made between the laboratory test results and existing theories. It is shown that the different of ultimate resistance by laboratory tests results and analysis results. The Laboratory test result are ultimate uplift capacity and diameter of surface failure increased with the increasing embedment ratio. Soil deformation make an angle inclination equal to half of internal friction angle $\theta = \frac{1}{2}\phi$. Uplift load capacity for square footing greater 28,35% than circular footing at the same width (B), diameter (D) and depth. Das dan Seeley (1975)

method give a biggest uplift load capacity. Bowles (1988) method give a smallest uplift load capacity. Murray and Geddes (1987) method very close with the Laboratory result.

Keywords : ultimate uplift capacity, sandy soil, shape of footing

PENDAHULUAN

Pada bangunan seperti menara transmisi listrik ataupun menara telekomunikasi, beban lateral yang bekerja sementara lebih dominan. Beban sementara tersebut adalah beban angin, beban gempa dan beban akibat akibat putusnya kabel antar menara transmisi. Kombinasi beban tersebut pada struktur atas mengakibatkan sebagian kaki menara mengalami beban tarik, sedangkan sebagian lagi mengalami beban desak.

Sejauh ini fondasi yang umumnya digunakan pada struktur tersebut adalah fondasi tiang. Beban mati yang diterima fondasi tiang pada bangunan yang mengalami beban tarik tersebut relatif kecil. Sehingga pemilihan fondasi tiang dinilai masih kurang efektif. Jenis fondasi yang lain adalah fondasi dangkal (*shallow foundation*) yaitu fondasi yang menahan langsung beban bangunan di atasnya. Fondasi tersebut diharapkan mampu memberikan kapasitas dukung yang baik terhadap adanya beban tarik pada struktur bangunan. Penelitian lebih lanjut mengenai perilaku fondasi dangkal dalam menahan beban tarik khususnya dalam menggambarkan deformasi butiran tanah pasir akibat beban tarik pada fondasi dangkal menjadi topik yang menarik untuk diteliti.

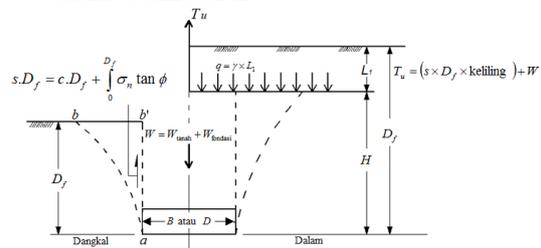
Penelitian ini memfokuskan pada perilaku fondasi dangkal dalam menahan beban tarik dan menggambarkan deformasi butiran tanah pasir akibat beban tarik. Uji Laboratorium dilakukan untuk memperoleh respon fondasi dangkal dengan variasi bentuk telapak dan kedalaman fondasi terhadap beban tarik. Penelitian ini menggunakan skala kecil Laboratorium yang dapat digunakan sebagai pendekatan perilaku fondasi dangkal pada skala yang besar. Penggambaran butiran tanah diperoleh dari hasil simulasi menggunakan metode elemen hingga dengan program Plaxis.

LANDASAN TEORI

Beban tarik yang bekerja pada fondasi dangkal ditahan oleh gesekan di sepanjang tepi tanah yang terangkat ditambah dengan berat fondasi dan tanah di atasnya. Beberapa

teori mengenai kapasitas ultimit tarik fondasi dangkal telah dikemukakan. Menurut Teng (1980) pada waktu fondasi akan terangkat, suatu prisma tanah terbawa oleh pelat fondasi dan bentuk prisma bergantung pada karakteristik tanah di atas fondasi.

Balla (1961) dalam Bowles (1988) menggunakan pendekatan yang lebih kompleks untuk menentukan kapasitas ultimit tarik fondasi dangkal telapak lingkaran. Balla (1961) menganggap permukaan kegagalan berbentuk lingkaran yaitu garis putus-putus *ab* dalam **Gambar 1**.



Gambar 1. Fondasi telapak yang menahan gaya ke atas menurut Balla (1961) serta Meyerhof dan Adams (1968) dalam Bowles (1988)

Persamaan kapasitas ultimit tarik oleh Balla (1961) dalam Bowles (1988), mengabaikan daerah cabutan (garis ab) dan memakai taksiran tahanan geser sepanjang garis ab' . Bowles (1988) mengembangkan persamaan oleh Balla (1961) dengan menambahkan faktor bentuk fondasi. Faktor bentuk tersebut dipengaruhi oleh rasio kedalaman dibanding lebar fondasi dan sudut gesek dalam tanah (ϕ) yang ditampilkan dalam Tabel 1. Persamaan kapasitas ultimit tarik (T_u) untuk fondasi telapak sebagai fondasi dangkal menurut Bowles (1988) yaitu:

Telapak lingkaran:

$$T_u = \pi D_c D_f + s_f \pi \cdot D_f \cdot \gamma \left(D_f^2 / 2 \right) K_u \tan \phi + W_f \tag{1}$$

Telapak persegi:

$$T_u = 2c D_f (B + L) + \gamma D_f^2 (2s_f B + L - B) K_u \tan \phi + W_f \tag{2}$$

dengan L dan B berturut-turut adalah panjang dan lebar telapak fondasi, D_f adalah kedalaman fondasi, W_f adalah berat fondasi. Faktor bentuk fondasi, s_f dipengaruhi oleh rasio kedalaman fondasi dengan lebar fondasi (D_f/B) dan sudut

gesek dalam tanah (ϕ). K_u dan c adalah koefisien lateral tanah dan kohesi.

Meyerhof dan Adams (1968) dalam Das (1994) menganggap tahanan tarik fondasi dangkal adalah seberat tanah yang berada di atas telapak dengan suatu faktor cabut. Kapasitas ultimit tarik fondasi dangkal menurut Meyerhof dan Adams (1968) dalam Das (1994) dinyatakan dalam faktor cabut tidak berdimensi, F_q yaitu:

$$F_q = \frac{T_u}{A\gamma D_f} \quad (3)$$

Berdasarkan hubungan tersebut Das dan Seeley (1975) dalam Das (1994), menyatakan bahwa besarnya faktor cabut tersebut yaitu:

$$F_q = 1 + 2 \left[1 + m \left(\frac{D_f}{B} \right) \right] \left(\frac{D_f}{B} \right) K_u \tan \phi \quad (4)$$

dengan A adalah luas telapak fondasi.

Variasi dari nilai K_u , m dan $(D_f/B)_{cr}$ untuk telapak lingkaran dan persegi menurut Meyerhof dan Adams (1968) dalam Das (1994) ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. K_u , m dan $(D_f/B)_{cr}$ oleh Meyerhof dan Adams (1968) dalam Das (1994)

Sudut gesek tanah, ϕ ($^\circ$)	K_u	m	$(D_f/B)_{cr}$
20	0,856	0,05	2,5
25	0,888	0,10	3
30	0,920	0,15	4
35	0,936	0,25	5
40	0,960	0,35	7
45	0,960	0,50	9

Murray dan Geddes (1987) dalam penelitiannya mengenai gaya angkat pelat angkur dalam tanah pasir mendefinisikan prisma tanah yang terangkat membentuk sudut kelongsoran sebesar sudut gesek dalam tanah (ϕ). Kapasitas ultimit tarik menurut Murray dan Geddes (1987) adalah sebesar jumlah tanah di atas telapak fondasi ditambah dengan berat tanah pada bidang kelongsoran tersebut. Besarnya kapasitas dukung fondasi dangkal menurut Murray dan Geddes (1987):

Telapak Lingkaran: (5)

$$T_u = (\gamma \cdot A \cdot D_f) + (2 \cdot \gamma \cdot A \cdot \frac{D_f^2}{D}) \left(\sin \theta + \sin \frac{\theta}{2} \left(1 + \frac{2 D_f}{3 D} \tan \frac{\theta}{2} (2 - \sin \theta) \right) \right) + W_f$$

Telapak persegi panjang : (6)

$$T_u = (\gamma \cdot A \cdot D_f) + (\gamma \cdot A \cdot \frac{D_f^2}{B}) \tan \theta \left(1 + \frac{B}{L} + \frac{\pi D_f}{3 L} \tan \theta \right) + W_f$$

dengan θ adalah sudut kelongsoran tanah akibat beban tarik.

Rowe dan Davis (1982) mengamati perilaku pelat angkur dalam tanah pasir berdasarkan komputerisasi elemen hingga dengan sifat material elasto-plastis. Dalam penelitiannya Rowe dan Davis (1982) mempertimbangkan pengaruh posisi angkur (horisontal dan vertikal), pengaruh kedalaman fondasi, sudut gesek tanah, dilatansi tanah, tegangan awal tanah dan kekasaran permukaan pelat angkur terhadap kapasitas ultimit tarik. Besarnya kapasitas tarik pelat angkur yaitu:

$$T_u = \gamma \times D_f \times F_\gamma \times A + W_f \quad (7)$$

dengan faktor koreksi angkur menurut Rowe dan Davis (1982):

$$F_\gamma = F_\gamma \times R_\psi \times R_R \times R_K \quad (8)$$

dengan R_R adalah faktor koreksi akibat pengaruh kekasaran permukaan angkur, R_K adalah faktor koreksi akibat pengaruh tegangan awal tanah, F_γ adalah faktor kapasitas angkur yang tertanam pada tanah, R_ψ adalah faktor koreksi akibat pengaruh dilatansi tanah.

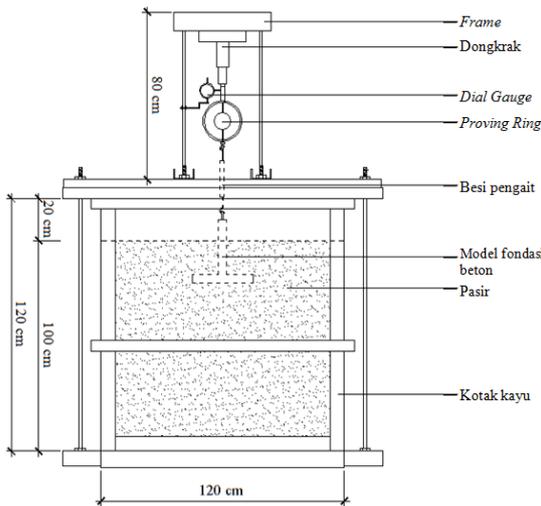
METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian utama dari penelitian ini adalah pengujian beban tarik pada model fondasi dangkal yang mengacu pada ASTM D3689-90 untuk standar pengujian tiang tunggal dengan beban tarik aksial statis. Prosedur pembebanan yaitu metode gaya tarik dengan kecepatan yang tetap. Pengujian beban tarik dilakukan pada fondasi dangkal tipe telapak dengan ukuran kecil. Bentuk telapak lingkaran dan persegi. Diameter dan lebar model fondasi beton adalah 30 cm. Diameter dan lebar model fondasi pelat baja adalah 7,5 cm. Variasi kedalaman fondasi pada model fondasi beton adalah 10 cm, 20 cm dan 30 cm, sedangkan pada model fondasi baja yaitu 4 cm, 7 cm dan 10 cm.

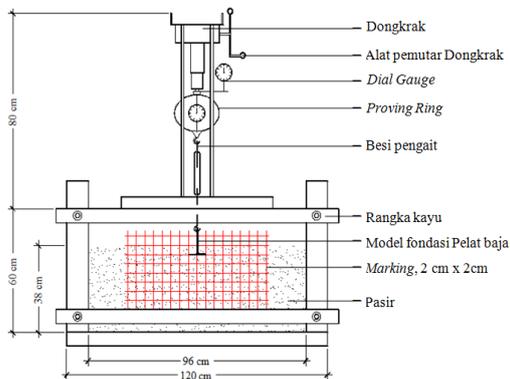
Model fondasi berbahan beton dan pelat baja. Untuk uji model fondasi beton dilakukan di dalam kotak kayu berukuran 1,2 m x 1,2 m x 1,2 m. Model fondasi pelat baja dilakukan di dalam kotak *plane strain* berukuran 96 cm x 9 cm x 60 cm. Sketsa pengujian utama ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Model fondasi terhubung dengan *proving ring* dengan cara dikaitkan pada sebuah besi pengait yang dapat diatur panjangnya.

Pemberian beban tarik yaitu dengan memutar pemutar dongkrak berlawanan arah jarum jam sehingga model fondasi terangkat ke atas. Besarnya beban tarik yang terjadi terbaca pada *dial proving ring* dan besarnya perpindahan terbaca oleh *dial gauge*. Kalibrasi *proving ring* dilakukan dengan memberikan beban pada interval tertentu yang digantungkan pada *proving ring*. Sehingga diperoleh hubungan antara beban yang diberikan dengan bacaan *dial* tersebut.



Gambar 2. Sketsa pengujian tarik di dalam kotak kayu



Gambar 3. Sketsa pengujian tarik di dalam kotak plane strain

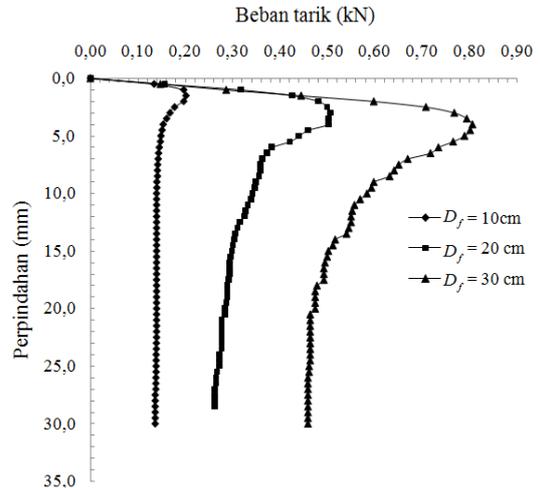
Dalam penelitian ini tanah pasir yang digunakan adalah tanah pasir yang berasal dari Pantai Parangtritis, Propinsi DIY dalam kondisi terganggu. Tanah pasir tersebut dalam kondisi kering udara dengan kadar air 0,24%, berat jenis 3,243 dan memiliki butiran yang seragam dengan 98,86% pasir dan 1,14% silt/clay. Kepadatan tanah di dalam kotak uji menggunakan vibrator seberat 4,5

kg. Kepadatan tanah dilakukan dengan cara coba-coba terhadap waktu getar sehingga diperoleh kepadatan tanah yang konstan. Kerapatan relatif tanah pasir dalam kotak uji adalah 48,89% yang tergolong sebagai *medium sand* dengan waktu getar 30 detik. Sudut geser tanah (ϕ) = 40,30° dari hasil uji geser langsung.

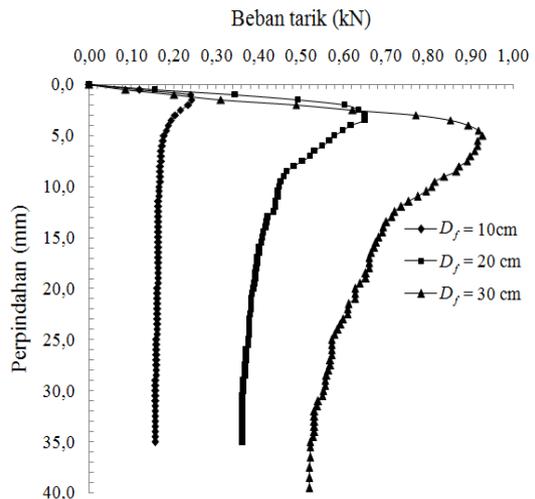
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Laboratorium

Hasil pengujian tarik pada model fondasi ditunjukkan oleh Gambar 4 dan 5 dalam bentuk grafik hubungan antara beban tarik (kN) dan perpindahan (mm) pada masing-masing kedalaman fondasi. Kapasitas ultimit tarik didefinisikan sebagai nilai puncak dari beban tarik yang terjadi atau saat perpindahan terus terjadi pada beban yang konstan.



a. Telapak lingkaran

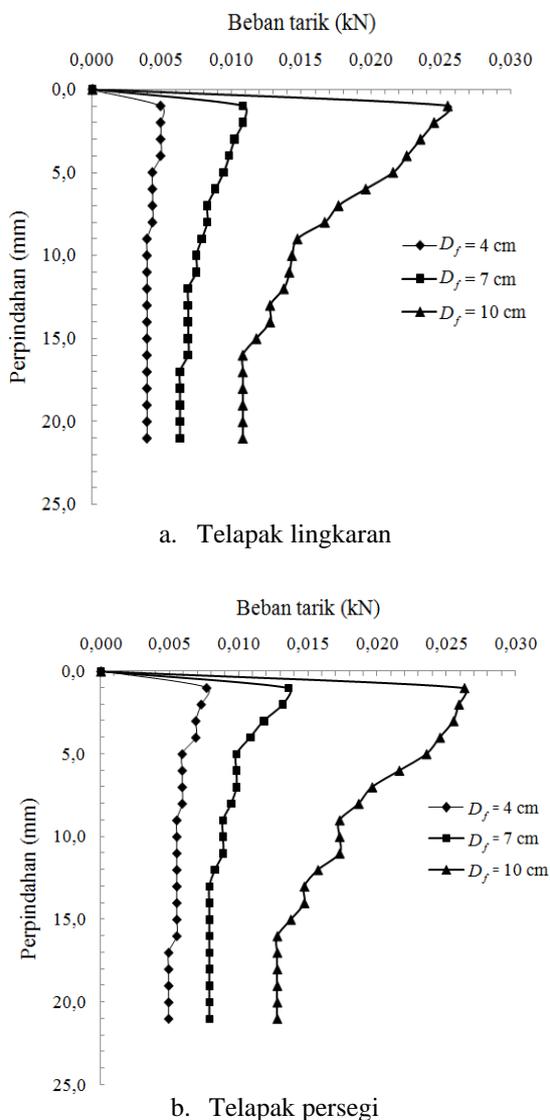


b. Telapak persegi

Gambar 4. Hubungan antara beban tarik (kN) dan perpindahan (mm) model fondasi beton

Berdasarkan Gambar 4a dan 4b, kapasitas ultimit tarik akan meningkat dengan bertambahnya kedalaman fondasi. Hal ini disebabkan oleh berat tanah yang berada diatas fondasi bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman fondasi. Kenaikan nilai kapasitas ultimit tarik model fondasi beton telapak lingkaran pada kedalaman 10 cm ke 20 cm sebesar 152,98%, pada kedalaman 20 cm ke 30 cm meningkat sebesar 59,05%. Pada model fondasi beton telapak persegi pada kedalaman 10 cm ke 20 cm meningkat sebesar 169,86% sedangkan pada kedalaman 20 cm ke 30 cm 42,69%.

Hasil uji tarik pada model fondasi pelat baja yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



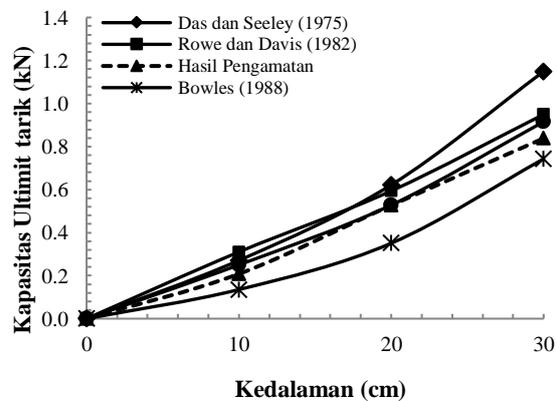
Gambar 5. Hubungan antara beban tarik (kN) dan perpindahan (mm) model fondasi pelat baja

Hasil uji tarik pada model fondasi pelat baja yang ditunjukkan oleh Gambar 5, menunjukkan kenaikan nilai kapasitas ultimit tarik model fondasi pelat baja telapak lingkaran pada kedalaman 4 cm ke 7 cm sebesar 120%, pada kedalaman 7 cm ke 10 cm meningkat sebesar 136,36%. Pada telapak persegi kapasitas ultimit tarik di kedalaman 4 cm ke 7 cm meningkat sebesar 76,92% sedangkan pada kedalaman 7 cm ke 10 cm 94,2%.

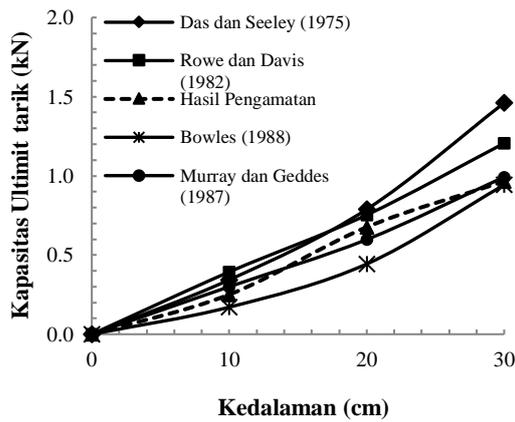
Hasil uji tarik pada model fondasi dangkal menunjukkan bahwa model fondasi telapak persegi memiliki nilai kapasitas ultimit tarik yang lebih besar dari telapak lingkaran. Model fondasi beton telapak persegi lebih besar hingga 28,35% dari telapak lingkaran. Pada model fondasi pelat baja telapak persegi lebih besar hingga 56% dari telapak lingkaran. Hal tersebut dikarenakan perbedaan luasan telapak. Luas telapak persegi lebih besar dari telapak lingkaran pada diameter dan lebar yang sama. Sehingga menyebabkan berat tanah di atas telapak lebih besar yang menyebabkan perbedaan nilai kapasitas ultimitnya.

Analisis Kapasitas Ultimit Tarik Fondasi Dangkal Dalam Tanah Pasir

Analisis kapasitas ultimit tarik fondasi dangkal adalah perhitungan kemampuan tanah dalam menerima beban tarik. Perbandingan antara nilai kapasitas ultimit tarik hasil analisis telapak persegi dengan hasil pengamatan terhadap kedalaman fondasi ditunjukkan oleh Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Perbandingan kapasitas ultimit tarik fondasi telapak lingkaran terhadap kedalaman hasil analisis dengan hasil uji Laboratorium



Gambar 7. Perbandingan kapasitas ultimit tarik fondasi telapak persegi terhadap kedalaman hasil analisis dengan hasil uji Laboratorium

Analisis kapasitas ultimit tarik fondasi dangkal menggunakan metode oleh Das dan Seeley (1975), Rowe dan Davis (1982), Murray dan Geddes (1987) dan Bowles (1988). Gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa metode Das dan Seeley (1975) menghasilkan nilai kapasitas ultimit tarik terbesar. Nilai yang dihasilkan oleh metode Bowles (1988) menghasilkan nilai terkecil karena Bowles (1988) menganggap bahwa tanah yang terangkat hanya tanah yang berada di atas telapak fondasi. Berdasarkan Gambar 6 dan 7 metode Rowe dan Davis (1982) lebih besar dari hasil pengamatan dikarenakan faktor koreksi angkur yang diperhitungkan lebih besar dari 1. Faktor koreksi angkur dipengaruhi oleh dilatansi tanah, tegangan awal tanah dan kekasaran permukaan pelat angkur.

Murray dan Geddes (1987) memiliki nilai kapasitas ultimit tarik yang mendekati hasil pengamatan. Hal tersebut dikarenakan persamaan kapasitas ultimit tarik Murray dan Geddes (1987) dipengaruhi oleh sudut kelongsoran yang terbentuk akibat tanah yang terangkat sesuai dengan kondisi hasil uji di Laboratorium.

Contoh Aplikasi Fondasi Dangkal Dalam Menahan Tarik

Pada bangunan seperti menara transmisi listrik dan menara telekomunikasi beban angin yang bekerja lebih dominan menyebabkan beban tarik pada fondasinya. Struktur menara yang direncanakan memiliki

ketinggian 18 m dengan 4 kaki dan jarak antar kaki 4 m. Data oleh Sumardiyanto (2007) yaitu beban aksial (ΣV) akibat beban mati dan hidup adalah 1860 kg. Beban angin yang bekerja pada arah 45° menyebabkan momen pada arah x dan arah y. Besarnya momen arah x dan y adalah 33200 kgm. Total beban aksial yang diterima masing-masing fondasi dalam kelompok, Q_i adalah:

$$Q_i = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{\Sigma M_y \cdot x_i}{\Sigma x^2} \pm \frac{\Sigma M_x \cdot y_i}{\Sigma y^2} \tag{9}$$

dengan x_i, y_i adalah koordinat fondasi ke- i ke titik pusat kelompok, Σx^2 dan Σy^2 berturut-turut adalah jumlah kuadrat x dan y, ΣM_x dan ΣM_y berturut-turut adalah momen total arah x dan y, dan n adalah jumlah fondasi dalam kelompok yaitu 4 fondasi.

Fondasi no.1 dengan koordinat (-4,4), fondasi no.2 dengan koordinat (4,4), fondasi no.3 dengan koordinat (-4,-4) dan fondasi no.4 dengan koordinat (4,-4). Sehingga besarnya beban tarik yang diterima fondasi adalah -32688 kg, beban desak yaitu 33751 kg. Parameter tanah dan fondasi dangkal yang direncanakan adalah:

- $\rho = 1879 \text{ kg/m}^3, \quad \phi = 35^\circ,$
- $B = 3 \text{ m (coba-coba)}, \quad D_f = 3 \text{ m}$
- Tebal pelat fondasi = 0,5 m
- Kolom fondasi = 0,5 m x 0,5 m
- Berat fondasi = 12600 kg

Kapasitas ultimit tarik fondasi telapak per 1 kaki menara berdasarkan metode Murray dan Geddes (1987) telapak persegi sebesar 100607 kg. Kapasitas ijin tarik fondasi yaitu:

$$T_a = \frac{T_u}{SF} \tag{10}$$

$$T_a = 33536 \text{ kg} > 32688 \text{ kg}$$

Total beban desak yang diterima fondasi dibanding dengan luasan telapak terdiri dari berat tanah di atas fondasi, berat fondasi, ditambah dengan beban aksial Q_i . Kapasitas ultimit desak 1 fondasi dangkal pada tanah pasir menurut Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo (2011) yaitu:

$$q_u = D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \tag{11}$$

dengan faktor daya dukung pada $\phi = 35^\circ, N_q = 41,4, N_\gamma = 42,4$. Kapasitas ultimit desak 1 fondasi:

$$q_u = 328975 \text{ kg/m}^2$$

Kapasitas ijin desak fondasi dengan SF = 3 yaitu :

$$q_a = 109658 \text{ kg/m}^2 > \left(\frac{33751 \text{ kg}}{(3 \times 3) \text{ m}^2} + \gamma \cdot D_f + W_f \right)$$

$$= 109658 \text{ kg/m}^2 > 11235 \text{ kg/m}^2$$

sehingga perencanaan fondasi dangkal tersebut aman terhadap beban desak dan beban tarik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian mengenai perilaku fondasi dangkal pada tanah pasir dalam menahan beban tarik telah dilaksanakan beserta perbandingan antara hasil uji Laboratorium dengan hasil analisis berdasarkan teori yang telah ada. Hasil pengujian tarik diperoleh kapasitas ultimit tarik dan diameter bidang runtuh di permukaan meningkat dengan bertambahnya kedalaman. Prisma tanah yang terangkat membentuk sudut kelongsoran yaitu $\theta = \frac{1}{2}\phi$. Hasil pengujian tarik model fondasi dangkal dengan telapak persegi lebih besar 28,35% terhadap telapak lingkaran pada lebar (B) dan diameter (D) yang sama.

Das dan Seeley (1975) menghasilkan nilai kapasitas ultimit tarik terbesar. Metode Bowles (1988) menghasilkan nilai terkecil. Metode Murray dan Geddes (1987) memiliki nilai yang mendekati hasil pengamatan. Perbedaan hasil analisis pada masing-masing metode dikarenakan perbedaan asumsi tanah yang terangkat. Hasil simulasi diperoleh pergerakan butiran tanah pada sudut pelat hingga kepermukaan tanah yang membentuk kerucut terpotong.

Daftar Pustaka

- American Society for Testing and materials (ASTM) (1994), *Annual Book of ASTM Standards*. Vol. 04-08, Soil and Rock, American National Standards Institute, New York. NY 10018.
- Bowles, J.E. 1988, *Analisa Dan Disain Pondasi*. Jilid 1. Edisi keempat. Jakarta : Erlangga.
- Das, B. M., 2011. *Principal of Foundation Engineering*. 7th Edition. United state of America : Cengage Learning.
- Gomes, M.A., 2013. *Determination of stresses around a cylindrical single*

pile caused by horizontal movements of soft soils with the finite element method. Dissertation. Lisboa : Instituto Superior De Engenharia De Lisboa.

- Hardiyatmo, H.C., 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Edisi 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Murray, E.J., and Geddes, J.D., 1987. Uplift Of Anchor Plates In Sand. *Journal Of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE. vol.113. No.2. pp. 203-215.
- Rowe, R.K., and Davis, E.H., 1982. The Behaviour of Anchor Plates in Sand. *Journal Of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE. vol.132. No.1. pp. 25-41.
- Sumardiyanto, D., 2007. *Perencanaan Menara Telekomunikasi Operator Seluler di Kabupaten Demak Kecamatan Gajah*. Skripsi. Jawa Tengah : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata.