

ANALISIS PONDASI GABUNGAN TELAPAK DAN SUMURAN (TELASUR) DENGAN VARIASI RASIO KEDALAMAN DAN LEBAR TELAPAK ($B = 1,5 \text{ M}$) PADA TANAH LEMPUNG HOMOGEN

Rahman Rifai¹⁾, Niken Silmi Surjandari²⁾, R. Harya Dananjaya³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: rifairahman@student.uns.ac.id

Abstract

The combined foundation of footplate and caisson (telasur) is one of the alternative modification of foundation for medium load category building. The combined use of this foundation is expected to reduce the magnitude of the settlement and increase the carrying capacity compared to using only footplate or caisson foundations only. This study modeled the foundation of combined footplate and caisson (Telasur Foundation) with the variation of depth and width ratio (D_f/B) on homogeneous clay with $B = 1.5 \text{ m}$. Analysis of the behavior of telasur foundations using modeling with finite element method. The results showed that the graphics behavior of the decrease to the load for the footplate foundation, the well, and the combined foundation had the same behavior with the decrease graph of the load on the clay soil. There is a reduction in the value of the settlement that occurs due to the load on the combined foundation compared to using the footplate or caisson foundation only. The greater the value of the ratio, the smaller the value of the settlement.

Keywords: foundation, settlement, bearing capacity, clay

Abstrak

Pondasi gabungan telapak dan sumuran (telasur) merupakan salah satu alternatif modifikasi pondasi untuk bangunan kategori beban menengah. Penggunaan gabungan pondasi ini diharapkan dapat mengurangi besarnya penurunan dan meningkatkan daya dukung dibandingkan dengan hanya menggunakan pondasi telapak atau sumuran saja. Penelitian ini memodelkan pondasi gabungan telapak dan sumuran (Pondasi Telasur) dengan variasi rasio kedalaman dan lebar telapak (D_f/B) pada tanah lempung homogen dengan nilai $B=1,5 \text{ m}$. Analisis perilaku pondasi telasur menggunakan pemodelan dengan metode elemen hingga. Hasil penelitian menunjukkan perilaku grafik penurunan terhadap beban untuk pondasi telapak, sumuran, serta pondasi gabungan memiliki perilaku yang sama dengan grafik penurunan terhadap beban pada tanah lempung. Adanya pengurangan nilai penurunan yang terjadi akibat beban pada pondasi gabungan dibandingkan dengan menggunakan pondasi telapak atau sumuran saja. Semakin besar nilai rasio, memberikan nilai penurunan yang semakin kecil.

Kata kunci: pondasi, penurunan, daya dukung, tanah lempung

PENDAHULUAN

Penggunaan pondasi gabungan dari pondasi telapak dan sumuran untuk bangunan dengan kategori beban menengah sudah sangat lazim diterapkan di Indonesia. Pemilihan jenis pondasi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam pekerjaan. Pada bangunan dengan kategori beban menengah, jika menggunakan jenis pondasi dalam akan tidak efisien terhadap biaya yang dikeluarkan walaupun keamanannya terjamin. Penggunaan jenis pondasi dangkal untuk kategori beban menengah tidak dianjurkan karena dapat menyebabkan bangunan runtuh.

Menurut Peck, dkk (1953) dalam Hardiyatmo (2006) dimana nilai rasio D_f/B pada pondasi dangkal yaitu sebesar ≤ 1 . Dengan didasarkan pada hal tersebut maka pemilihan variasi rasio D_f/B ini akan lebih menggambarkan dukungan pondasi telapak terhadap bangunan pada gabungan pondasi telapak dan sumuran akibat beban dan kondisi tanah tertentu. Sehingga dalam penggunaannya di lapangan akan lebih efisien dalam memilih besarnya rasio yang memiliki nilai daya dukung optimum selain kondisi maksimum dimana perbandingan rasio D_f/B yaitu sebesar 1/1.

Penggunaan atau penerapan tanah lempung lunak pada pemodelan bertujuan untuk mengetahui perilaku pondasi gabungan pada keadaan tanah yang kurang mendukung untuk bangunan di atasnya. Hal ini dapat pula menjadi sebuah pertimbangan untuk menentukan perlakuan terhadap tanah tersebut apakah diperlukan sebuah *treatment* tertentu ataupun tidak.

LANDASAN TEORI

Pondasi Telapak

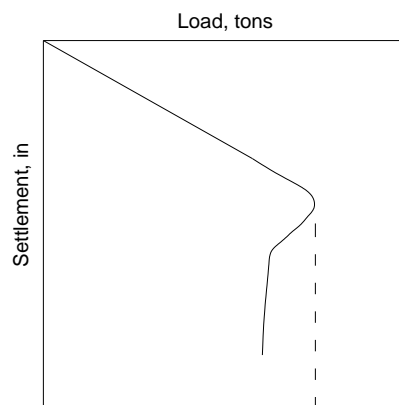
Pondasi telapak umumnya digunakan untuk mendukung kolom (Hardiyatmo, 2006). Pondasi ini berupa tiang yang bersambung dengan kolom dan sebuah plat di bawahnya yang fungsinya untuk menyalurkan beban struktur ke tanah. Pondasi ini banyak dipakai karena selain ekonomis juga pelaksanaannya mudah dan tidak memerlukan peralatan khusus. Pondasi telapak dinilai efektif untuk menahan beban struktur hingga dua lantai. Pondasi telapak termasuk pondasi dangkal karena perbandingan kedalaman dan lebar pondasinya ($D_f/B \leq 1$). (Peck dkk., 1953), dalam Hardiyatmo (2006).

Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran merupakan jenis peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi dalam (Hardiyatmo, 2006). Peck, dkk. (1953) membedakan pondasi sumuran dengan pondasi dangkal dari nilai kedalaman (D_f) dibagi lebarnya (B). Untuk pondasi sumuran nilai $D_f/B > 4$. Disebabkan oleh biaya pembuatan pondasi yang relatif murah, pondasi sumuran telah banyak dipakai untuk mendukung bangunan-bangunan gedung, jembatan, pilar jembatan layang dan lain sebagainya. Kapasitas dukung pondasi sumuran adalah jumlah dari tahanan gesek dinding dan tahanan ujung, sama seperti pondasi tiang.

Penurunan

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Pada umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan daripada penurunan total. Karakteristik grafik penurunan pada tanah lempung memiliki perilaku yang jauh berbeda dengan tanah pasir. Perbedaan ini berkaitan erat dengan perilaku kedua tanah yang berbeda ketika diberi beban. Tanah lempung ketika diberi beban mengalami penurunan segera yang kecil sedangkan penurunan segera pada tanah pasir besar, (Prakash and Sharma, 1990). Karakteristik bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Pengujian Pembebanan untuk Pile pada Tanah Lempung (Prakash dan Sharma, 1989)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang merupakan representasi dari peneliti sebelumnya, yaitu Majid (2014) dan Sulistyanto (2014). Data tersebut digunakan sebagai parameter tanah yang akan dimasukkan ke dalam program berbasis metode elemen hingga. Data simulasi dapat dilihat pada Tabel 1. Tanah yang digunakan dalam analisis merupakan tanah lempung homogen.

Tabel 1. Parameter Tanah pada Simulasi Pondasi Gabungan

Parameter	Nilai	Satuan
w	18,87	%
γ_b	14,50	kN/m ³
G_s	2,66	-
Gravel	0,00	%
Sand	12,3	%
Silt & Clay	87,7	%
LL	98,55	%
PL	42,39	%
PI	56,16	%
c	14,42	kN/m ²
ϕ	11,53	°
Klasifikasi tanah	CH (lempung anorganik pastisitas tinggi)	-

Data tersebut diolah terlebih dahulu untuk selanjutnya dapat digunakan sebagai parameter *input* pada program berbasis metode elemen hingga. Data-data yang digunakan sebagai *input* ditampilkan pada Tabel 2 untuk material tanah dan untuk material beton ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Parameter *Input* Material Tanah

Parameter	Input	Satuan
Model material	<i>Mohr – Coulomb</i>	-
Perilaku material	<i>Undrained</i>	-
Berat tanah tidak jenuh (γ_{unsat})	14,50	kN/m ³
Berat tanah jenuh (γ_{sat})	19,81	kN/m ³
Modulus young (E)	6000	kN/m ²
Angka poisson (ν)	0,15	-
Kohesi (c)	14,42	kN/m ²
Sudut gesek dalam (ϕ)	11,53	°
Sudut dilatasi (ψ)	0	°
Faktor reduksi <i>interface</i> (R_{inter})	1	-

Tabel 3. Parameter *Input* Material Fondasi

Parameter	Telapak	Sumuran
Perilaku material	<i>Isotropic</i>	<i>Isotropic</i>
Tebal (d)	0,2 m	0,2 m
Berat jenis (γ)	24 kN/m ³	24 kN/m ³
Modulus Elastisitas (E)	2,35×10 ⁷ kN/m ²	2,35×10 ⁷ kN/m ²
Angka Poisson (ν)	0,2	0,2
Diameter	-	1 m

Penelitian ini diawali dengan menentukan beban yang diterima per kolom pada bangunan tingkat menengah. Beban tersebut kemudian diaplikasikan pada model pondasi. Skema pembebanan menggunakan cara *static loading*

test yang mengacu pada ASTM D 1143 – 81, dimana pembebanan menggunakan beban maksimum sebesar 200% dari beban rencana. Jadi beban yang akan diberikan pada model pondasi sebesar 2000 kN. Beberapa model pondasi dibuat untuk menentukan besarnya perubahan nilai penurunan pada masing-masing variasi pondasi. Model pondasi ini dibuat dengan variasi dimensi telapak dan diameter sumuran. Model dan variasi pondasi gabungan yang dibuat dipaparkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Model Variasi Rasio Pondasi

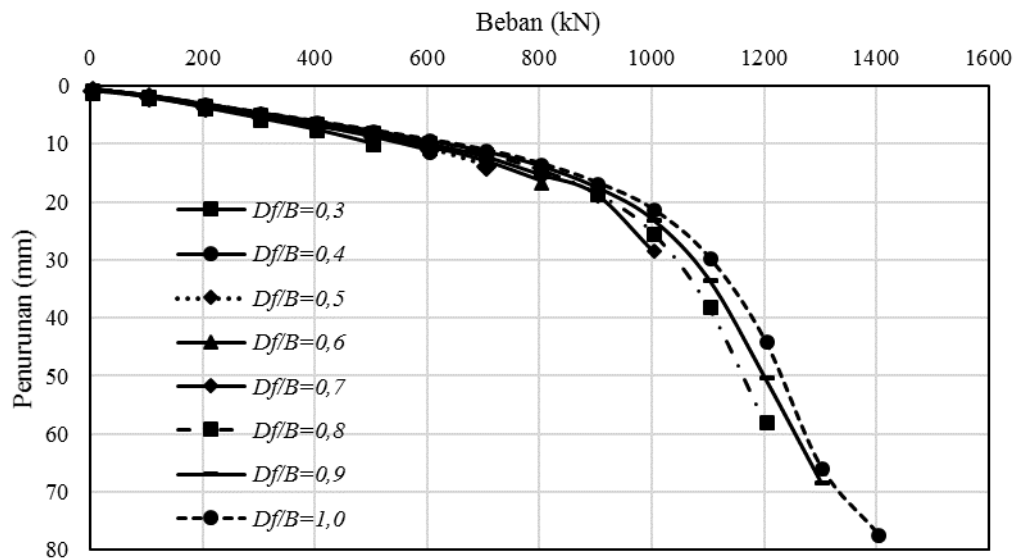
No.	Rasio D_f/B	Pondasi Telapak		Pondasi Sumuran	
		B (m)	D_f (m)	L (m)	d (m)
1	-	1,5	1,5	0	0
2	-	0	0	4,5	1
3	0,3	1,5	0,45	4,5	1
4	0,4	1,5	0,60	4,5	1
5	0,5	1,5	0,75	4,5	1
6	0,6	1,5	0,90	4,5	1
7	0,7	1,5	1,05	4,5	1
8	0,8	1,5	1,20	4,5	1
9	0,9	1,5	1,35	4,5	1
10	1,0	1,5	1,50	4,5	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis penurunan terhadap beban digunakan untuk mengetahui perilaku grafik penurunan terhadap beban. Dengan menggunakan program berbasis elemen hingga akan menghasilkan data penurunan terhadap beban. Dari model pondasi telapak, pondasi sumuran, dan pondasi telasur dapat diketahui perbedaan penurunan yang terjadi pada tiga jenis pondasi tersebut. Rekapitulasi hasil penurunan terhadap beban pada variasi rasio disajikan dalam Tabel 5. Rekapitulasi hasil penurunan terhadap beban pada pondasi telapak, sumuran, dan telasur dari setiap rasio D_f/B disajikan dalam Tabel 6 yang diwakili oleh rasio 1,0. Dari hasil penurunan pondasi terhadap beban kemudian dibuat sebuah model grafik sehingga terbentuk suatu pola penurunannya. Grafik tersebut menyatakan hubungan antara pembebanan yang diberikan pada pondasi dengan penurunan. Grafik penurunan terhadap beban pada variasi rasio ditunjukkan pada Gambar 1 dan grafik penurunan terhadap beban dari pondasi telapak, sumuran dan telasur rasio 0,3 – 1,0 dapat dilihat pada Gambar 2a sampai Gambar 2h.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Penurunan Variasi Rasio Terhadap Beban ($B=1,5$ m)

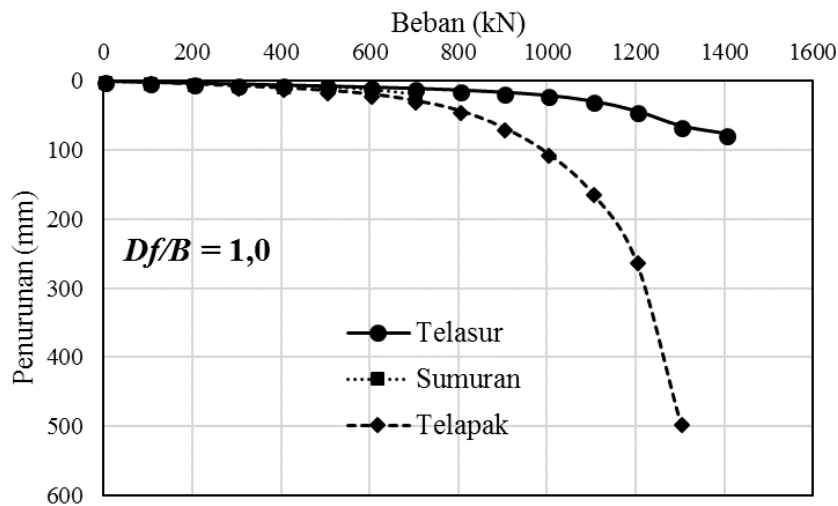
Beban (kN)	Penurunan (mm)									
	Rasio 0,3	Rasio 0,4	Rasio 0,5	Rasio 0,6	Rasio 0,7	Rasio 0,8	Rasio 0,9	Rasio 1,0	Telapak	Sumuran
0	0,781	0,581	0,382	0,322	0,513	0,504	0,482	0,442	0,146	0,471
100	1,786	1,685	1,631	1,867	1,556	1,523	1,492	1,461	2,596	1,634
200	3,604	3,380	3,280	3,481	3,134	3,060	2,991	2,927	5,276	3,284
300	5,451	5,080	4,933	5,101	4,722	4,616	4,512	4,411	8,020	4,948
400	7,384	6,804	6,600	6,732	6,319	6,181	6,044	5,911	10,870	6,650
500	9,754	8,662	8,417	8,417	7,959	7,788	7,607	7,473	14,578	8,747
600	-	10,985	10,547	10,381	9,845	9,470	9,306	9,029	19,952	12,096
700	-	-	13,389	12,832	12,046	11,564	11,131	10,786	29,054	18,923
800	-	-	-	16,297	15,163	14,391	13,656	13,151	43,524	-
900	-	-	-	-	18,488	18,377	17,337	16,462	68,063	-
1000	-	-	-	-	-	25,107	22,826	21,048	105,096	-
1100	-	-	-	-	-	37,846	33,068	29,300	162,296	-
1200	-	-	-	-	-	57,659	49,997	43,620	260,656	-
1300	-	-	-	-	-	-	68,010	65,477	493,870	-
1400	-	-	-	-	-	-	-	76,969	1721,887	-



Gambar 1. Grafik Rekapitulasi Penurunan Variasi Rasio terhadap Beban

Tabel 6. Perbandingan Hasil Penurunan terhadap Beban pada Pondasi Telapak Rasio $D_f/B = 1,0$, Sumuran, dan Telasur Rasio $D_f/B = 1,0$

Beban (kN)	Penurunan Pondasi (mm)		
	Telapak $D_f/B = 1,0$	Sumuran	Telasur $D_f/B = 1,0$
0	0,1458	0,4710	0,4419
100	2,5962	1,6340	1,4613
200	5,2764	3,2838	2,9268
300	8,0196	4,9479	4,4110
400	10,8701	6,6502	5,9106
500	14,5781	8,7472	7,4370
600	19,9516	12,0963	9,0286
700	29,0544	18,9231	10,7856
800	43,5236	13,1505	-
900	68,0629	16,4620	-
1000	105,0959	21,0479	-
1100	162,2960	29,2997	-
1200	260,6557	43,6197	-
1300	493,8697	65,4771	-
1400	-	76,9693	-



Gambar 2. Grafik Penurunan Pondasi Telapak, Sumuran, dan Telasur

Salah satu *output* pada program dengan menggunakan metode elemen hingga yaitu penurunan. Nilai penurunan pada percobaan ini tidak terlihat signifikan terhadap nilai variasi yang diberikan pada satu beban tertentu sesuai Gambar 1 yang menunjukkan bahwa semakin besar nilai variasi rasio yang diberikan maka penurunan yang terjadi semakin berkurang walaupun kurang signifikan. Hal tersebut dikarenakan sedikit pula perubahan yang terjadi antar satu variasi dengan variasi lainnya, dimana pada masing-masing variasi hanya berbeda pada kedalaman pondasi telapaknya saja (D) yang memiliki selisih 0,15.

Penggabungan dua jenis pondasi yaitu telapak dan sumuran memberikan dampak terhadap nilai penurunan yang terjadi akibat beban aksial yang bekerja di atas pondasi tersebut. Perilaku penurunan yang terjadi sesuai dengan Gambar 2 menunjukkan bahwa pondasi gabungan telasur memberikan nilai penurunan yang lebih sedikit dibandingkan dengan hanya menggunakan pondasi telapak ataupun sumuran saja. Pada pondasi telapak dan sumuran penurunan yang terjadi pada beban 500 kN masing-masing sebesar 50,132 mm dan 8,747 mm. Sedangkan pada pondasi gabungan telasur yang diwakilkan oleh telasur rasio 0,3 memberikan nilai penurunan sebesar 9,754 mm.

SIMPULAN

Penelitian menunjukkan perilaku grafik penurunan terhadap beban untuk pondasi telapak, sumuran, serta pondasi gabungan memiliki perilaku yang sama dengan grafik penurunan terhadap beban pada tanah lempung. Adanya pengurangan nilai penurunan yang terjadi akibat beban pada pondasi gabungan dibandingkan dengan menggunakan pondasi telapak atau sumuran saja. Yaitu memiliki selisih 62,88% terhadap pondasi telapak dan 43% terhadap pondasi sumuran. Semakin besar nilai rasio, memberikan nilai penurunan yang semakin kecil.

REKOMENDASI

1. Melakukan penelitian dengan menggunakan variasi jenis tanah.
2. Mempertimbangkan kondisi muka air tanah.
3. Memperhitungkan tekanan overburden pada pondasi.
4. Melakukan penelitian terhadap model pondasi tiang kelompok pada pondasi telasur.
5. Menambah referensi untuk kemudian dapat dilakukan verifikasi *output* penurunan dan tegangan pada plaxis.
6. Melakukan uji fisik pemodelan pondasi telasur untuk mengetahui bentuk distribusi tegangan yang terjadi di dalam tanah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih pertama ditujukan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan nikmatnya. Selanjutnya kepada Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. dan Raden Harya Dananjaya H.I., S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Brinkgreve, R.B.J., W. Broere. 2004. Plaxis 3D Foundation Tutorial Manual version 1. Netherlands: Delf University of Technology & PLAXIS bv.
- Bowles, Joseph E., 1968. Foundation Analysis and Design. Indianapolis: McGraw-Hill Book Company.
- Hardyatmo, H.C, 2006. Teknik Pondasi 1. Yogyakarta : Beta Offset.
- Hardyatmo, H.C, 2008. Teknik Pondasi 2. Yogyakarta : Beta Offset.
- Hardyatmo, H.C, 2010. Mekanika Tanah 1. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Majid, R.E, 2014. Simulasi Perilaku Pondasi Gabungan Foot Plat dan Sumuran Dengan Variasi Kedalaman Foot Plat dan Panjang Sumuran. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Prakash, Shamsheer, Hari D. Sharma, 1990. Pile Foundation in Engineering Practice. New York : Wiley – Intersection Publication.
- Sulistiyanto, 2014. Simulasi Perilaku Pondasi Gabungan Foot Plat dan Sumuran Dengan Variasi Dimensi Foot Plat dan Diameter Sumuran. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Terzaghi, Karl, Ralph B. Peck, 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. New York : Wiley – Interscience.