

KARAKTERISTIK GRAFIK PENURUNAN PONDASI GABUNGAN TELAPAK DAN SUMURAN PADA TANAH PASIR HOMOGEN DENGAN VARIASI DIMENSI TELAPAK DAN DIAMETER SUMURAN

Muhammad Suhaemi ¹⁾, Niken Silmi Surjandari ²⁾, Yusep Muslih Purwana ³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret. muhammadsuhaemiss@gmail.com

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

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

Abstract

The use of composite Footplat Foundation and Caisson Foundation (Telasur Foundation) as a supporting component of the building has been commonly applied in Indonesia. But the behavior of the Telasur Foundation actually has not been clearly identified. One of the Foundation's behavior that can be observed is characteristic of the settlement that occurred when a load is applied. Based on the background, the research of Telasur Foundation's settlement in sandy soil is needed. This research aims to find out the characteristics of Telasur Foundation's settlement graph in homogeneous sandy soil and the influence of the dimensions change of footplat and the diameter of the caisson against the settlement. Settlement analysis is done using Plaxis 3D Foundation software with the static loading method according to the field test based on ASTM D 1143-81 standard. This research shows that the Telasur Foundation and the Pile Foundation in sandy soil have the same settlement characteristic. The combination of the Footplat Foundation and the Caisson Foundation which becomes the Telasur Foundation can reduce the settlement value that occurred, while the dimensions change of the footplat give more significant settlement changes compared with the diameter changes of the caisson by the same changing interval which is 0,1 m.

Key words: *Plaxis 3D Foundation, sandy soil, settlement, telasur foundation.*

Abstrak

Penggunaan gabungan dari pondasi telapak dan sumuran (pondasi telasur) sebagai satu komponen pendukung bangunan telah lazim dilakukan di Indonesia. Namun perilaku pondasi telasur sebenarnya belum teridentifikasi dengan jelas. Salah satu perilaku pondasi yang dapat diteliti adalah karakteristik penurunan yang terjadi ketika suatu pondasi diberi beban. Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu adanya penelitian terhadap penurunan pondasi telasur pada tanah pasir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik grafik penurunan pondasi telasur pada tanah pasir homogen serta mengetahui pengaruh dari perubahan dimensi telapak dan diameter sumuran terhadap penurunan tersebut. Analisis penurunan dilakukan dengan bantuan *software* Plaxis 3D Foundation dengan metode pembebanan statis sesuai *loading test* di lapangan menurut ASTM D 1143-81. Penelitian ini menunjukkan bahwa pondasi telasur dan pondasi *pile* pada tanah pasir mempunyai karakteristik penurunan yang sama. Penggabungan pondasi telapak dan pondasi sumuran menjadi pondasi telasur dapat mengurangi nilai penurunan yang terjadi, sementara perubahan dimensi telapak memberikan kontribusi perubahan nilai penurunan yang lebih signifikan dibanding dengan perubahan diameter sumuran dengan interval perubahan yang sama yaitu 0,1 m.

Kata kunci: penurunan, Plaxis 3D Foundation, pondasi telasur, tanah pasir

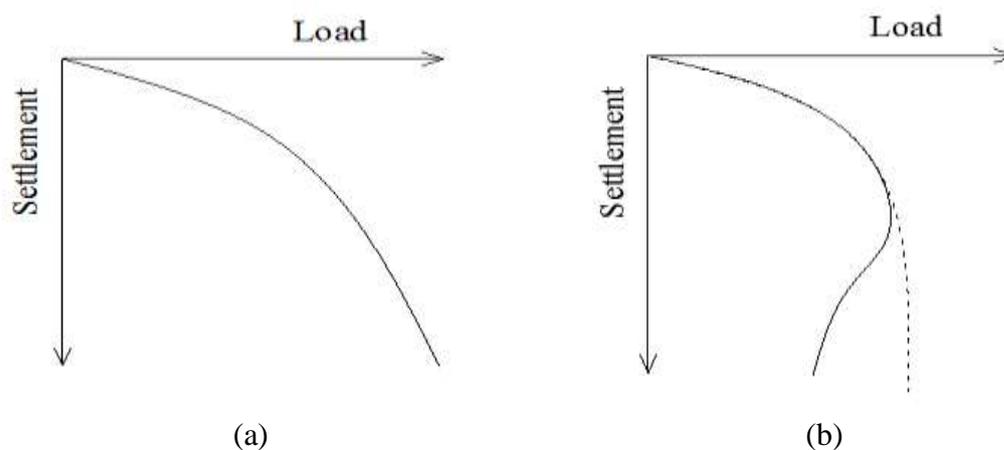
PENDAHULUAN

Pondasi merupakan komponen dari sebuah bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur atas ke dalam tanah. Pemilihan penggunaan jenis pondasi pada sebuah bangunan dapat dipengaruhi oleh fungsi struktur atas bangunan itu sendiri, kondisi tanah pendukung, metode pembuatan pondasi serta biaya konstruksi pondasi terhadap biaya keseluruhan bangunan. Penggunaan gabungan dari pondasi telapak dan sumuran (pondasi telasur) sebagai satu komponen pendukung bangunan telah lazim dilakukan di Indonesia, khususnya untuk bangunan dengan klasifikasi sebagai bangunan tingkat menengah (*middle rise building*) yang terdiri dari 3 hingga 4 lantai. Namun perilaku pondasi telasur sebenarnya belum teridentifikasi dengan jelas. Salah satu perilaku pondasi yang dapat diteliti adalah karakteristik penurunan yang terjadi ketika suatu pondasi diberi beban. Dengan menggunakan piranti lunak seperti Plaxis, perilaku pondasi dapat digambarkan dengan angka maupun berupa grafik. Pemodelan pondasi telasur dengan Plaxis juga dinilai dapat mewakili kondisi di lapangan sehingga sangat membantu peneliti untuk melakukan simulasi perilaku pondasi telasur. Simulasi perilaku pondasi telasur pada tanah pasir perlu dilakukan sehingga dapat diketahui sifat pondasi tersebut pada pelbagai kondisi tanah.

LANDASAN TEORI

Pondasi telapak (*footplat*) merupakan bentuk pelebaran alas kolom yang tertanam pada tanah dengan tujuan untuk meneruskan beban struktur atas ke dalam tanah. Menurut Hardiyatmo (2006) pondasi telapak termasuk pondasi dangkal karena perbandingan kedalaman dan lebar pondasinya (Df/B) ≤ 1 . Pemilihan penggunaan pondasi ini terletak pada mudahnya cara pelaksanaan serta besarnya daya dukung yang diberikan. Umumnya pondasi telapak berbentuk persegi atau persegi panjang. Hal yang paling penting dalam perancangan pondasi telapak adalah

besarnya tegangan kontak maksimum yang dapat ditahan oleh tanah di bawah pondasi tanpa menyebabkan keruntuhan dan penurunan yang berlebihan pada pondasi (Terzaghi dan Peck, 1948) dalam Sulistyanto (2014). Di Indonesia, yang disebut pondasi sumuran (*caisson*) adalah pondasi bor pendek dengan kedalaman yang tidak begitu dalam. Pondasi sumuran merupakan peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi dalam (Hardiyatmo, 2010). Sementara menurut Bowles (1968) *caisson* adalah pondasi tiang yang berupa lubang dengan diameter lubang yang cukup besar, diameter 30 inci atau lebih. Tanah pasir atau tanah non-kohefif atau tanah granuler adalah tanah yang tidak memiliki komponen kohesi ($c = 0$), sehingga kuat gesernya hanya bergantung pada gesekan antar butir tanah (Hardiyatmo, 2010). Pembebanan pada tanah dapat mengubah susunan dan mengurangi rongga pori sehingga dapat menyebabkan regangan pada tanah. Total dari jumlah regangan tanah pada seluruh lapisan disebut penurunan (*settlement*). Nilai penurunan pondasi bangunan didapat dari perhitungan hasil uji laboratorium, korelasi dari hasil uji lapangan, atau dengan melakukan pengujian pada pondasi yang telah terpasang. Pengaruh beban terhadap penurunan digambarkan dengan grafik dimana beban terletak pada sumbu absis dan penurunan pada sumbu ordinat. Model grafik penurunan menunjukkan sifat dari model pondasi dan tanah yang mendukung pondasi. Karakteristik grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Plaxis 3D Foundation adalah piranti lunak yang digunakan untuk melakukan analisis konstruksi pondasi, termasuk struktur lepas pantai, dengan metode elemen hingga (*finite element methods*).



Gambar 1. Karakteristik Grafik Penurunan Terhadap Beban pada *Pile*
 (a) Tanah Pasir (b) Tanah Lempung (Prakash dan Sharma, 1989)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan menentukan parameter tanah, parameter bahan pembentuk pondasi, dimensi pondasi, dan metode pembebanan yang akan dilakukan. Data tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah UNS (Tabel 1). Tanah yang digunakan pada penelitian ini termasuk tanah berjenis pasir bergradasi baik (SW) menurut klasifikasi *Unified*. Data tersebut selanjutnya akan menjadi acuan pada estimasi data tanah yang belum ada, seperti nilai modulus elastisitas, angka poisson, nilai pori, nilai berat isi kondisi jenuh, dan nilai berat isi kondisi tak jenuh. Data tanah yang dijadikan input dalam Plaxis 3D Foundation disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Data Tanah Laboratorium

Parameter	Nilai	Satuan
γ_b	1,72	gr/cm ³
G_s	2,67	-
Gravel	16,33	%
Sand	66,45	%
Silt and Clay	17,22	%
LL	-	%
PL	-	%
PI	-	%
c	0,053	kg/cm ²
φ	36,06	°
Klasifikasi tanah	SW	-

Tabel 2. Data Tanah Input Plaxis

Parameter	Notasi	Tanah Pasir	Sumber
Model Material	Model	Mohr-Coulomb	Tutorial Plaxis
Perilaku Material	Tipe	Drained	Tutorial Plaxis
Berat Isi Tanah Tidak Jenuh	γ_{unsat}	16,16 kN/m ³	Perhitungan
Berat Isi Tanah Jenuh	γ_{sat}	19,91 kN/m ³	Perhitungan
Modulus Young	E	19000 kN/m ²	Korelasi Empiris
Angka Poisson	ν	0,3	Korelasi Empiris
Kohesi	c	5,3 kN/m ²	Data Sekunder
Sudut Gesek Dalam	φ	36,06	Data Sekunder
Sudut Dilatasi	ψ	0°	Tutorial Plaxis
Faktor Reduksi Interface	R_{inter}	1	Tutorial Plaxis

Data beton yang digunakan dalam Plaxis 3D Foundation disajikan dalam Tabel 3.

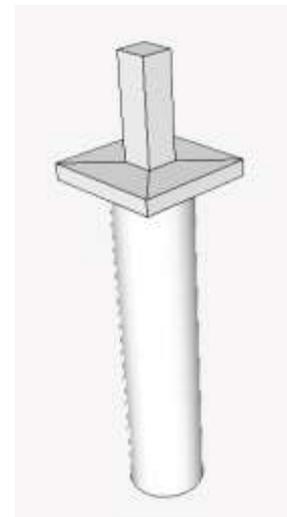
Tabel 3. Data Beton Input Plaxis

Parameter	Notasi	Telapak	Sumuran	Satuan
Perilaku Material	-	<i>Linear</i>	<i>Linear</i>	-
Tebal	d	0,2	0,1	m
Berat Isi	γ	24	24	kN/m ³
Modulus Young	E	2,35 x 10 ⁷	2,35 x 10 ⁷	kN/m ²
Angka Poisson	ν	0,3	0,3	-

Dimensi model pondasi yang akan diteliti disajikan pada Tabel 4. Telasur 4 menjadi acuan pada penelitian ini dengan dimensi telapak sebesar 1,5 x 1,5 m dan diameter sumuran sebesar 1 m. Telasur 1 sampai Telasur 7 merupakan pondasi telasur dengan variasi dimensi telapak sebesar 0,1 m mulai dari 1,8 hingga 1,2 m. Telasur 8 sampai Telasur 13 merupakan pondasi telasur dengan variasi diameter sumuran sebesar 0,1 m mulai dari 1,3 hingga 0,7 m. Contoh gambar pondasi telasur ditampilkan pada Gambar 2.

Tabel 4. Dimensi Pondasi Penelitian

Pondasi	Telapak		Sumuran	
	Dimensi	Kedalaman	Diameter	Panjang
Telapak	1,5 m x 1,5 m	1,5 m	-	-
Sumuran	-	-	1,0 m	4,5 m
Telasur 1,2-1	1,2 m x 1,2 m	1,5 m	1,0 m	4,5 m
Telasur 1,3-1	1,3 m x 1,3 m	1,5 m	1,0 m	4,5 m
Telasur 1,4-1	1,4 m x 1,4 m	1,5 m	1,0 m	4,5 m
Telasur 1,5-1	1,5 m x 1,5 m	1,5 m	1,0 m	4,5 m
Telasur 1,6-1	1,6 m x 1,6 m	1,5 m	1,0 m	4,5 m
Telasur 1,7-1	1,7 m x 1,7 m	1,5 m	1,0 m	4,5 m
Telasur 1,8-1	1,8 m x 1,8 m	1,5 m	1,0 m	4,5 m
Telasur 1,5-0,7	1,5 m x 1,5 m	1,5 m	0,7 m	4,5 m
Telasur 1,5-0,8	1,5 m x 1,5 m	1,5 m	0,8 m	4,5 m
Telasur 1,5-0,9	1,5 m x 1,5 m	1,5 m	0,9 m	4,5 m
Telasur 1,5-1,1	1,5 m x 1,5 m	1,5 m	1,1 m	4,5 m
Telasur 1,5-1,2	1,5 m x 1,5 m	1,5 m	1,2 m	4,5 m
Telasur 1,5-1,3	1,5 m x 1,5 m	1,5 m	1,3 m	4,5 m

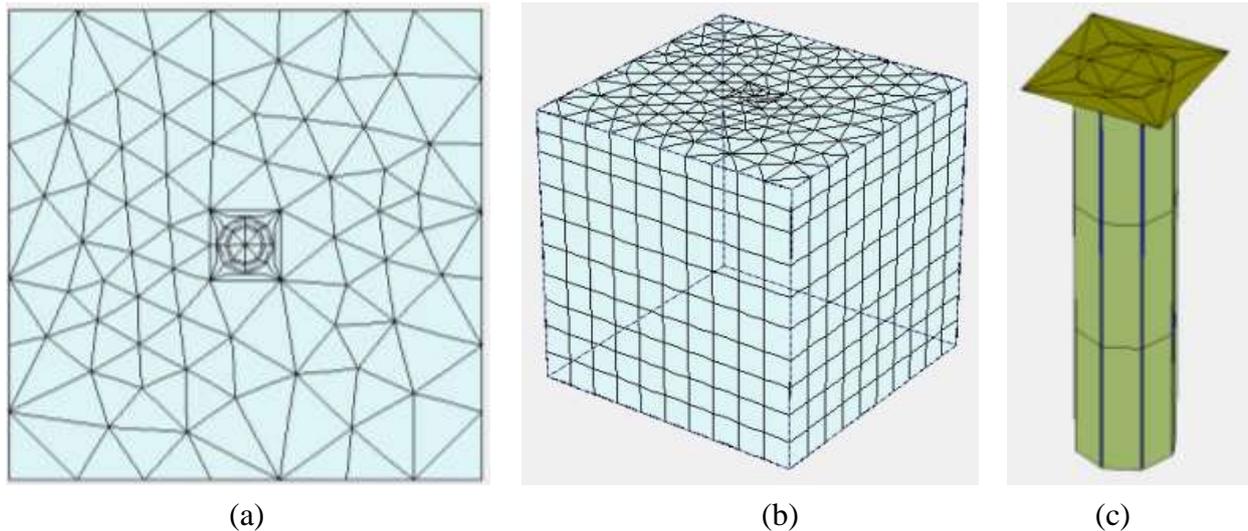


Gambar 2.
Perspektif Pondasi Telasur

Pembebanan yang diberikan berupa beban titik (*point load*) sebesar beban yang diterima oleh satu kolom pada bangunan tingkat menengah yaitu sekitar 1000 kN. Pembebanan dilakukan sesuai dengan *loading test* di lapangan yang mengacu pada ASTM D 1143-81. Pembebanan dilakukan bertahap sampai maksimum sebesar 200% dari beban yang direncanakan.

Pemodelan struktur dengan Plaxis 3D Foundation memerlukan beberapa urutan langkah pengerjaan, yakni perencanaan geometri, input parameter, penyusunan elemen hingga, penyusunan fase dan kalkulasi, serta rekapitulasi output. Perencanaan geometri adalah pembuatan geometri model pada lembar kerja yang

merepresentasikan situasi tiga dimensi menggunakan fungsi *workplanes* dan *boreholes*. Selanjutnya dilakukan penempatan struktur dan beban. Struktur pondasi telapak diasumsikan sebagai plat dengan ketebalan tertentu dengan fungsi *floor*. Sedangkan pondasi sumuran dibuat menggunakan fungsi *pile*. Pembebanan dilakukan tepat di tengah struktur dengan fungsi *point load* karena beban yang diberikan berupa beban titik. Input parameter digunakan untuk mendeskripsikan material yang digunakan dalam proses perhitungan. Terdapat dua parameter yang digunakan pada model penelitian ini yaitu parameter tanah dan parameter beton sebagai bahan pondasi. Model material tanah termasuk Mohr-Coulomb dengan jenis material *drained*. Parameter tanah yang diperlukan dalam input material antara lain nilai c , φ , γ_{unsat} , γ_{sat} , E , dan ν . Sedangkan parameter beton yang diperlukan untuk input adalah nilai d , γ_{beton} , E_{beton} , dan ν_{beton} . Penyusunan jaring-jaring elemen dilakukan sebelum proses perhitungan karena Plaxis 3D Foundation merupakan piranti lunak dengan dasar metode elemen hingga. Terdapat dua tahapan dalam penyusunan elemen hingga, yaitu 2D Mesh dan 3D Mesh. Hasil penyusunan jaring-jaring elemen ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Jaring-jaring Elemen (a) 2D Mesh (b) 3D Mesh Tanah (c) 3D Mesh Pondasi

Tahap selanjutnya adalah penyusunan fase dan kalkulasi. Penyusunan fase dilakukan dengan maksud pendekatan model terhadap kondisi nyata di lapangan. Terdapat beberapa fase dalam analisis ini, antara lain:

- a. Fase pertama adalah kondisi nol sebagai *initial phase*.
- b. Fase selanjutnya merupakan fase dimana struktur pondasi dan beban sudah diikutkan dalam proses analisis, beban dimasukkan sesuai dengan pola pembebanan pada *loading test* menurut ASTM D 1143-81. Kemudian proses kalkulasi dapat dilakukan setelah penyusunan fase sudah sesuai dengan penelitian yang diinginkan.

Setelah proses perhitungan berakhir maka dilanjutkan dengan memunculkan *output* yang diinginkan yaitu berupa penurunan. *Output* yang berupa nilai dikalkulasi menggunakan Microsoft Excel dan diubah menjadi grafik penurunan terhadap beban pada setiap variasi pondasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisis menggunakan Plaxis 3D Foundation menghasilkan besarnya nilai penurunan terhadap beban yang diberikan. Menurut Hardiyatmo (2010), istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Pada simulasi ini besarnya nilai penurunan diambil pada titik tengah dari model pondasi, karena pada titik tengah pondasi ditemukan nilai penurunan maksimum. Nilai penurunan terhadap beban dari model yang diteliti disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Nilai Penurunan pada Model Pondasi Telasur dengan Variasi Dimensi Telapak

Beban (kN)	Penurunan (cm)								
	Telapak	Sumuran	Telasur 1	Telasur 2	Telasur 3	Telasur 4	Telasur 5	Telasur 6	Telasur 7
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.4594	0.2084	0.2390	0.2352	0.2324	0.2291	0.2258	0.2235	0.2215
500	1.0886	0.4985	0.5085	0.4943	0.4856	0.4755	0.4679	0.4605	0.4531

750	1.8712	1.6038	1.1384	1.0102	0.9213	0.8392	0.7930	0.7615	0.7376
1000	2.7768	3.5189	1.9817	1.7473	1.5989	1.4473	1.3172	1.2141	1.1328

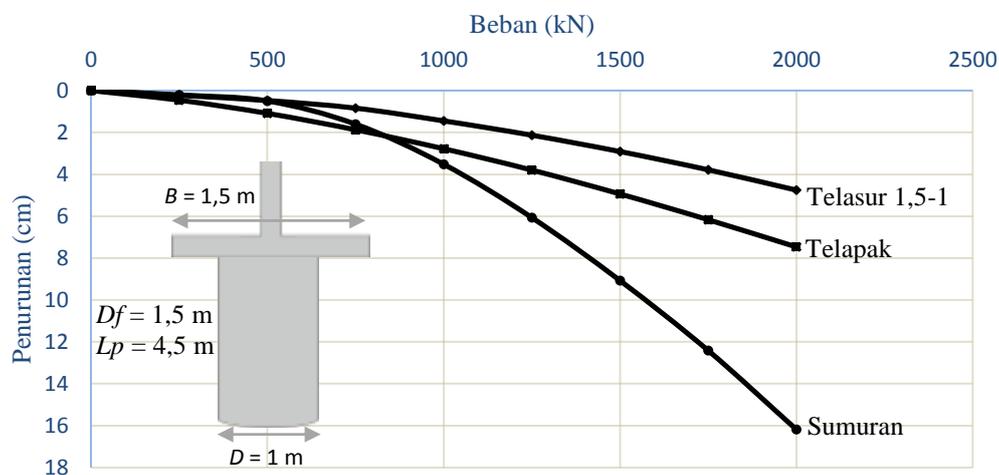
Lanjutan Tabel 5

1250	3.7937	6.0661	3.0030	2.6053	2.3696	2.1306	1.9505	1.7940	1.6665
1500	4.9347	9.0747	4.1730	3.6147	3.2609	2.9098	2.6444	2.4254	2.2527
1750	6.1632	12.4137	5.4559	4.7231	4.2730	3.7810	3.4186	3.1455	2.8933
2000	7.4618	16.1846	6.9070	5.9350	5.3726	4.7498	4.2677	3.8672	3.5761

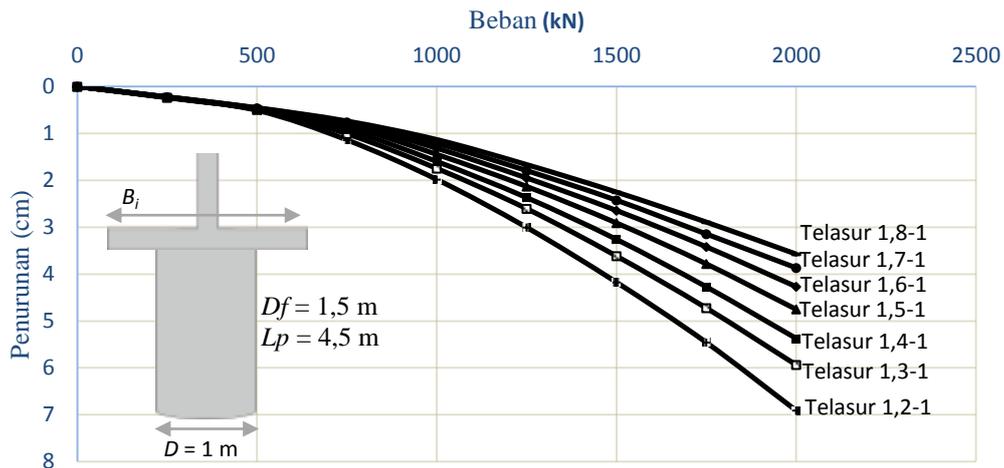
Tabel 6. Nilai Penurunan pada Model Pondasi Telasur dengan Variasi Diameter Sumuran

Beban (kN)	Penurunan (cm)								
	Telapak	Sumuran	Telasur 8	Telasur 9	Telasur 10	Telasur 4	Telasur 11	Telasur 12	Telasur 13
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
250	0.4594	0.2084	0.2469	0.2398	0.2339	0.2291	0.2256	0.2215	0.9017
500	1.0886	0.4985	0.5418	0.5133	0.4928	0.4755	0.4648	0.4564	2.0198
750	1.8712	1.6038	0.9980	0.9393	0.8854	0.8392	0.8052	0.7684	3.3551
1000	2.7768	3.5189	1.6411	1.5651	1.5009	1.4473	1.4049	1.3607	5.0620
1250	3.7937	6.0661	2.3973	2.2979	2.2090	2.1306	2.0825	2.0356	6.8522
1500	4.9347	9.0747	3.2421	3.1143	3.0056	2.9098	2.8504	2.7920	8.7310
1750	6.1632	12.4137	4.1803	4.0262	3.8964	3.7810	3.7150	3.6490	10.7158
2000	7.4618	16.1846	5.2073	5.0315	4.8870	4.7498	4.6662	4.5758	12.8039

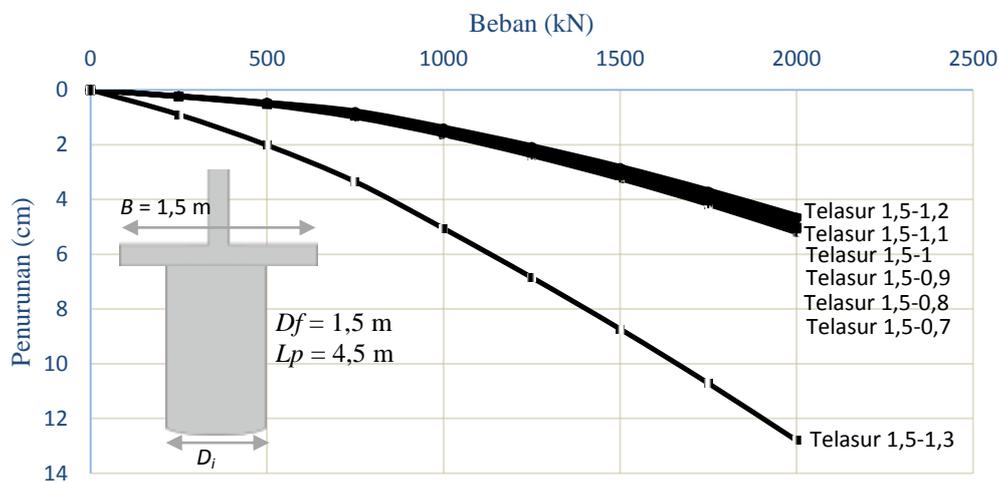
Nilai penurunan dan pembebanan yang dilakukan kemudian di plot dalam bentuk grafik dengan nilai beban sebagai sumbu absis dan nilai penurunan dalam sumbu ordinat. Grafik tersebut akan digunakan untuk melihat bagaimana perilaku pondasi terhadap beban yang diberikan. Penurunan yang terjadi pada model pondasi yang diteliti ditampilkan pada Gambar 4 sampai Gambar 6. Gambar 4 menampilkan grafik penurunan terhadap beban pada pondasi telapak, pondasi sumuran dan model Telasur 4 yang menjadi model acuan dalam penelitian ini. Penurunan dari model telasur dengan variasi dimensi telapak ditampilkan pada Gambar 5. Gambar 6 menampilkan grafik penurunan terhadap beban pada pondasi telasur dengan variasi diameter sumuran.



Gambar 4. Grafik Penurunan terhadap Beban pada Pondasi Telapak, Sumuran, dan Telasur 4



Gambar 5. Grafik Penurunan terhadap Beban pada Model Pondasi Telasur dengan Variasi Dimensi Telapak



Gambar 6. Grafik Penurunan terhadap Beban pada Model Pondasi Telasur dengan Variasi Diameter Sumuran

Penurunan yang terjadi pada pondasi telasur dengan berbagai variasi mempunyai karakteristik yang serupa dengan penurunan yang terjadi pada pondasi *pile*. Karakteristik penurunan tersebut dapat diamati pada Gambar 1. Meskipun memiliki karakteristik yang sama, nilai penurunan yang dihasilkan oleh pondasi telasur lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai penurunan pada pondasi telapak dan pondasi sumuran. Pada beban yang sama yaitu 2000 kN, pondasi telasur menghasilkan penurunan sebesar 4,7498 cm atau turun 36,3451% dari penurunan pondasi telapak dan 70,6523% dari penurunan pondasi sumuran. Gambar 5 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya dimensi telapak mengakibatkan terjadinya pengurangan nilai penurunan. Rata-rata pengurangan nilai penurunan yang terjadi sebesar 10,3673% di setiap kenaikan dimensi telapak 0,1 m dari 1,2 m hingga 1,8 m. Sementara pada pondasi telasur dengan variasi diameter sumuran (Gambar 6) pengurangan nilai penurunan yang terjadi rata-rata 2,5503% untuk setiap kenaikan diameter sumuran sebesar 0,1 m dari 0,7 m sampai 1,2 m. Namun untuk pondasi telasur dengan diameter sumuran 1,3 penurunan yang terjadi kembali mengalami kenaikan yang drastis yaitu sebesar 169,5668%, hal tersebut mungkin terjadi karena diameter sumuran yang digunakan hampir sama dengan dimensi telapak yaitu 1,5 m yang berakibat pada berubahnya sifat pondasi telasur menyerupai sifat pondasi sumuran.

SIMPULAN

Pondasi telasur dan pondasi *pile* pada tanah pasir mempunyai karakteristik penurunan yang sama. Penggabungan pondasi telapak dan pondasi telasur berdampak pada berkurangnya nilai penurunan yang terjadi, sementara

perubahan dimensi telapak lebih signifikan dalam pengurangan nilai penurunan daripada perubahan diameter sumuran dengan nominal interval yang sama.

REKOMENDASI

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan selisih dimensi telapak dan diameter sumuran yang lebih kecil guna menyelidiki penyebab terjadinya penurunan yang meningkat pada Telasur 13.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Dr. Niken Silmi S., ST, MT dan Yusep Muslih P., ST, MT, PhD. yang telah membimbing, 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.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2006. Teknik Fondasi I.Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2010. Analisis dan Perancangan Fondasi I.Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2010. Analisis dan Perancangan Fondasi II.Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2010. Mekanika Tanah I.Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2010. Mekanika Tanah II.Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Prakash, Shamsheer & Sharma, Hari D, (1990).Pile Foundation In Engineering Practice. Willey-Interscience. Canada.
- Majid, Rensia Erlyana, 2014. Simulasi Perilaku Pondasi Gabungan Telapak dan Sumuran dengan Variasi Kedalaman Telapak dan Panjang Sumuran. Skripsi, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sulistiyanto, Budhi, 2014. Simulasi Perilaku Pondasi Gabungan Foot Plat dan Sumuran pada Variasi Dimensi Foot Plat dan Diameter Sumuran. Skripsi, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta.