

ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI TIANG DENGAN PERKUATAN MODEL SAYAP PADA TANAH LUNAK

Irfan Hasan¹⁾, Ferry Fatnanta²⁾, Soewignjo Agus Nugroho²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : Irfan.hasan@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Advancements in science and technology of civil engineering have led the development of modifications to the shape of pile foundation. Modification of the pile foundation by adding wings to the pile is one way to increase skin friction on soft soil, so that a greater bearing capacity is obtained. In this research, piles were modeled with variations of wing's lengths of 0.50D, 0.75D, 1.00D, and 1.25D, the distance between wings also varies from 3D, 6D, and 9D. Constant Rate of Penetration (CRP Test) will be used as a method for loading test. The bearing capacity based on loading test data will be analyzed using Terzaghi and Peck method Analysis results showed that winged foundations were able to bearing greater loads than normal piles. The largest pile bearing capacity occurs in pile models with wing lengths of 1.25D and distance of 3D (TS2-1.25D-3D). Addition of wing length until 1.25D will always improve the piles bearing capacity. Unlike wing's length, addition of the distance between the wings until 9D not always improve the piles bearing capacity.

Keywords: Bearing capacity, Constant Rate of Penetration, soft soil, Terzaghi and Peck method, winged foundation

A. PENDAHULUAN

Fondasi tiang digunakan apabila tanah yang mempunyai daya dukung untuk menahan bangunan di atasnya letaknya cukup dalam. Semakin pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang rekayasa geoteknik, membuat fondasi tiang menjadi pilihan utama para *engineer* untuk memikul beban struktur yang besar dibandingkan dengan fondasi dangkal atau rakit. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi juga mendorong berkembangnya modifikasi bentuk dan perhitungan daya dukung fondasi tiang. Banyak ditemukan bentuk-bentuk fondasi dalam yang telah

dimodifikasi sehingga dapat meningkatkan efisiensi dari fondasi dalam tersebut (Suyadi *et al.*, 2014)

Beberapa modifikasi untuk memperbesar daya dukung fondasi, sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Suyadi *et al.* (2014) melakukan penelitian dengan penambahan sirip ulir di sepanjang model fondasi tiang dengan variasi jumlah putaran dan jumlah sirip. Penelitian dilakukan pada tanah *silty sand*. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan daya dukung fondasi dengan penambahan sirip ulir dibandingkan dengan pipa polos secara signifikan. Semakin banyak jumlah dan

putaran sirip ulir maka daya dukung fondasi akan meningkat. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kesuma (2011) tentang kapasitas tarik model tiang sirip. Penelitian dilakukan pada tanah pasir. Untuk *single pile*, digunakan variasi jarak antar sirip dengan rasio 1,5; 2; dan 4,5. Kapasitas tarik tertinggi terjadi pada rasio jarak sirip 1,5, dengan peningkatan yang terjadi adalah sebesar 665,446% jika dibandingkan dengan kapasitas tarik tiang polos.

Selain itu, terdapat juga penelitian lain mengenai modifikasi perkuatan fondasi tiang pada tanah lunak. Perkuatan dilakukan dengan cara menambahkan plat *helix* pada dinding tiang (fondasi *helical*). Penelitian dilakukan pada tanah gambut. Parlan (2016) meneliti pengaruh jumlah plat *helical* terhadap daya dukung fondasi tiang *helical* pada tanah gambut. Kesimpulan dari hasil penelitian adalah fondasi tiang *helical* menghasilkan daya dukung batas, Qult 260% - 1600% lebih besar dibandingkan fondasi tiang tanpa *helical*. Selain itu, daya dukung yang dihasilkan fondasi tiang *helical* menghasilkan daya dukung batas, Qult lebih besar 105% - 870% dibandingkan daya dukung batas (Qult) yang dihasilkan cerocok, sehingga fondasi tiang *helical* bisa menjadi alternatif lain pengganti cerocok dalam aplikasi perbaikan daya dukung pada tanah.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian sirip ulir dan plat *helix* pada dinding fondasi dapat meningkatkan nilai daya dukung fondasi. Modifikasi ini bertujuan untuk memperbesar bidang gesek antara fondasi dengan tanah sehingga memperbesar *bearing capacity* fondasi tiang.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1. Fondasi Tiang

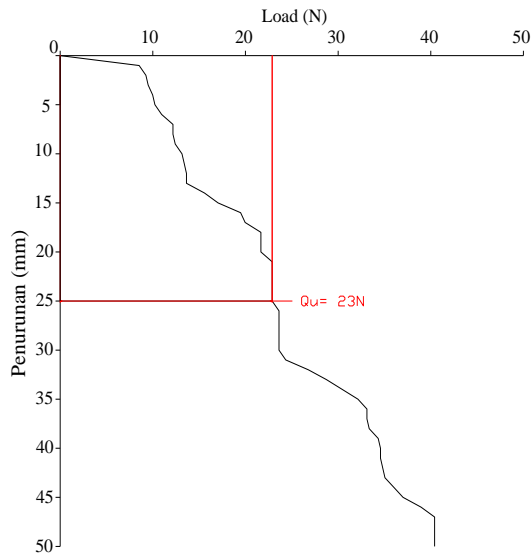
Fondasi tiang merupakan salah satu jenis dari fondasi dalam. Fondasi tiang digunakan pada tanah yang tidak memiliki daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul beban dan gaya bangunan yang berada di atasnya. Pada umumnya fondasi tiang digunakan jika tanah yang memiliki daya dukung untuk memikul beban dan gaya bangunan letaknya > 8 m.

Selain digunakan karena tanah yang memiliki daya dukung untuk memikul beban dan gaya bangunan letaknya cukup dalam. Murthy (2002) menyatakan bahwa faktor lain dalam pemilihan fondasi tiang, antara lain:

1. Fondasi tiang dapat menahan gaya lateral sehingga mencegah terjadinya *overturning* pada bangunan
2. Fondasi tiang dapat menahan beban vertikal yang berasal dari *superstructures*, seperti gudang, tower, dan bangunan bertingkat lainnya.
3. Fondasi tiang dapat menahan gaya angkat (*uplift loads*) yang berasal dari tekanan hidrostatis, sebagai contoh adalah pelabuhan, dan bangunan air lainnya.

Apabila dalam penyelidikan tanah di lapangan (*soil investigation*) menyatakan bahwa tanah mempunyai perilaku yang kurang baik dalam menerima beban di atasnya, maka penggunaan fondasi tiang dianggap paling tepat, karena lebih efektif dari segi estimasi biaya. Penggunaan fondasi tiang akan lebih menghemat biaya dibandingkan melakukan perbaikan pada tanah (stabilisasi).

B.2. Metode Interpretasi *Terzaghi and Peck Method* (1967)



Gambar 1. Metode *Terzaghi and Peck*.

Berdasarkan Gambar 1, terlihat penentuan daya dukung dengan metode interpretasi Terzaghi dan Peck ditentukan pada beban/gaya yang bekerja pada saat penurunan 25 mm. Untuk mendapatkan nilai daya dukung diperlukan data beban dan penurunan. Data tersebut kemudian diplot ke dalam grafik, kemudian pada nilai penurunan 25 mm ditarik garis lurus arah horizontal hingga berpotongan dengan grafik. Nilai perpotongan tersebut adalah nilai daya dukung ultimit (Q_u).

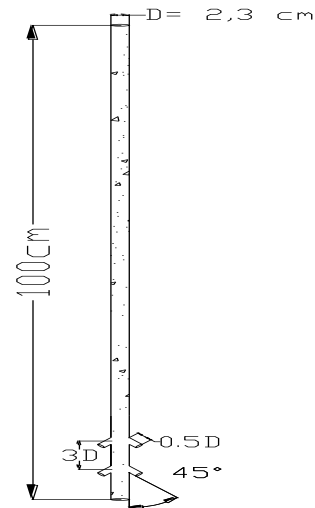
C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1. Penamaan Model Fondasi Sayap

Dalam penelitian ini digunakan 16 model fondasi sayap dan 1 model fondasi polos. Penamaan model fondasi didasarkan pada jumlah sayap, panjang sayap, dan jarak antar sayap.

Apabila model fondasi diberikan kode TS2-0,5D-3D maka variasi fondasi tersebut menggunakan perkuatan 2 sayap, panjang sayapnya

0.5D, dan jarak antar sayapnya sebesar 3D, seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Model Fondasi Sayap

C.2. Persiapan Uji Pembebanan

Sebelum dilakukan uji pembebanan, terlebih dahulu dilakukan persiapan alat dan bahan berupa bak pengujian, portal, pengolahan tanah lunak (nilai su 3 Kpa sampai dengan 5 Kpa), dan model fondasi sayap. Pada pengolahan tanah lunak, nilai su dikontrol dengan pengujian *vane shear*. Setelah didapat nilai su rencana (3KPa sampai dengan 5 Kpa), tanah kemudian dimasukkan kedalam bak pengujian dan dipadatkan sampai dengan ketinggian 100 cm, kemudian dikontrol kembali dengan pengujian *vane shear*.

Setelah dilakukan persiapan alat dan bahan, selanjutnya adalah melakukan pemancangan model fondasi. Model fondasi dipancang secara tegak lurus (90 derajat) ke dalam bak pengujian yang berisi tanah lunak. Pemancangan dilakukan secara manual dengan menggunakan alat bantu *waterpass* seperti yang terlihat pada Gambar 3. Pengujian pembebanan dilakukan dalam rentang waktu 12 sampai dengan 24 jam setelah pemancangan model fondasi dilakukan. Hal ini bertujuan untuk

mengembalikan kondisi tanah seperti semula. Pemeliharaan tanah lunak dalam baku uji juga dilakukan dengan cara menutupi permukaan tanah lunak dengan menggunakan kain basah.

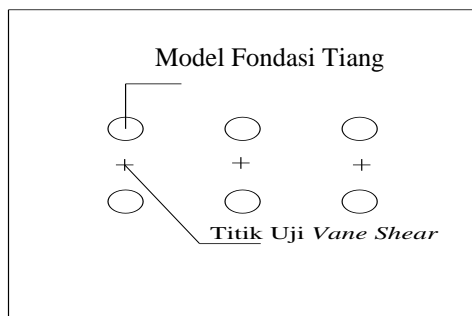


Gambar 3. Pemancangan Fondasi

Selanjutnya, dilakukan uji *field vane shear* seperti yang terlihat pada Gambar 4. Pengujian dilakukan pada 4 lapisan yaitu pada kedalaman 25 cm, 50 cm, 75 cm dan 100 cm. Titik pengujian ditentukan di sekitar titik fondasi yang akan diuji seperti yang terlihat pada Gambar 5.



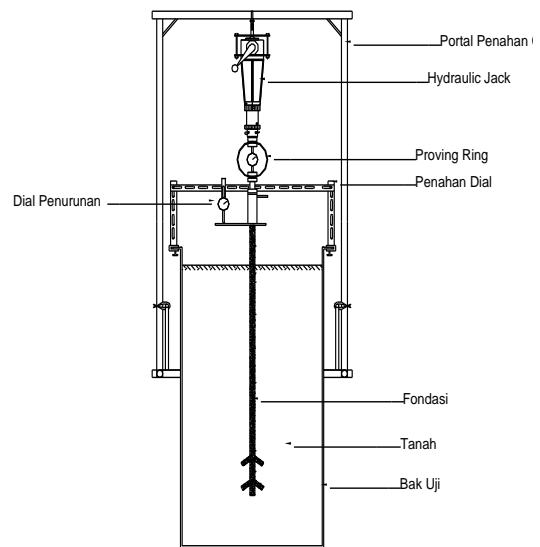
Gambar 4. Pengujian Vane Shear



Gambar 5. Titik Pengujian Vane Shear

C.3. Uji Pembebanan

Pengujian pembebanan bertujuan untuk mendapatkan nilai penurunan dan nilai beban yang diterima fondasi. Dalam penelitian ini, pengujian pembebanan dilakukan dengan cara memberikan beban statis metode *Constant Rate of Penetration (CRP)*. Skema pengujian pembebanan fondasi sayap dengan metode CRP dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Metode CRP

Beban diberikan terhadap fondasi dengan cara memutar engkol *hydraulic jack* seperti terlihat pada Gambar 7. Pemutaran dilakukan dengan kecepatan yang konstan yakni 0,5 mm/menit.



Gambar 7. Pemberian Beban/Load

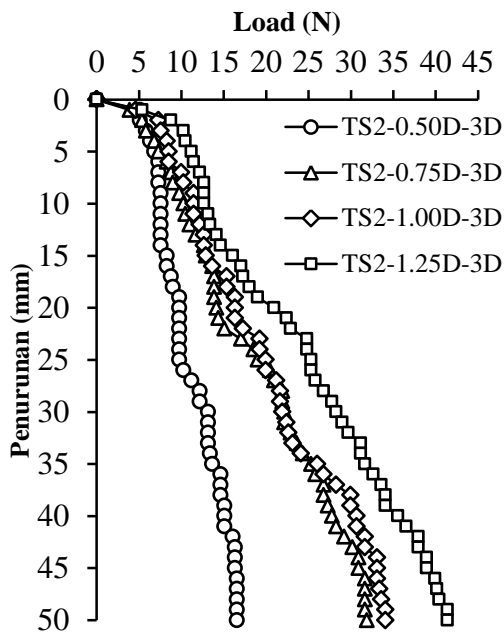
Langkah selanjutnya adalah melakukan pembacaan beban untuk setiap penurunan 1 mm. Pembacaan dilakukan hingga penurunan fondasi mencapai 50 mm.

Untuk menghasilkan data yang lebih akurat, pengujian pembebanan dilakukan sebanyak 3 kali pengujian untuk setiap satu variasi model fondasi sayap dan 3 kali untuk fondasi polos.

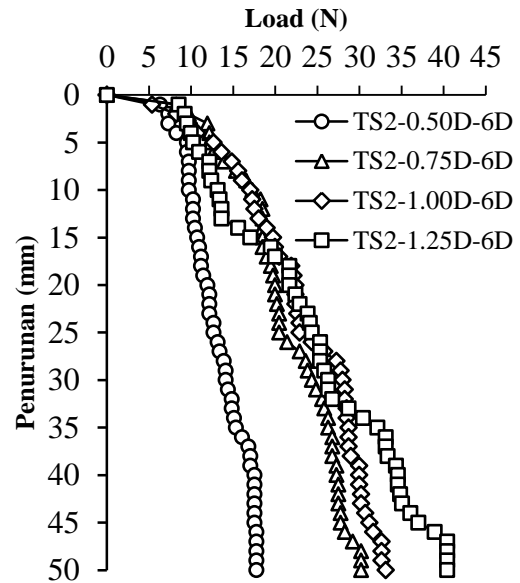
D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1. Hasil Analisis Kurva Hubungan Beban dan Penurunan Variasi Panjang Sayap

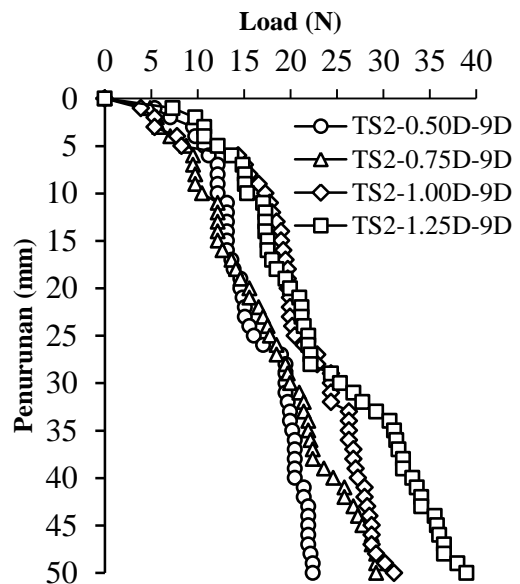
Analisis kurva hubungan beban dan penurunan variasi panjang sayap dilakukan dengan cara mengolah hasil dari pengujian pembebanan dengan metode CRP, yaitu *load* dan penurunan diplot ke dalam grafik hubungan beban dan penurunan. Hasil pengolahan data untuk variasi jarak antar sayap 3D, 6D dan 9D dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.



Gambar 8. Jarak antar sayap 3D



Gambar 9. Jarak antar Sayap 6D



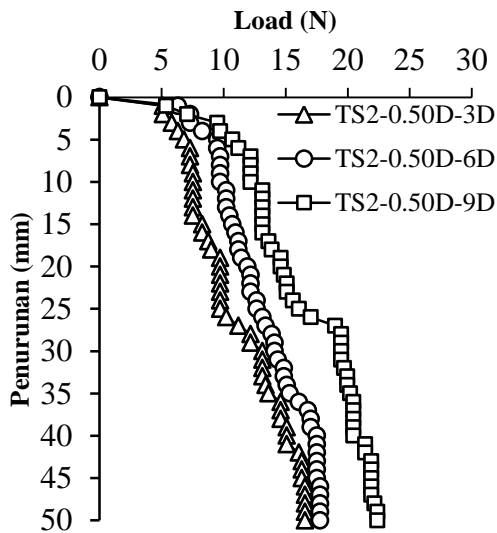
Gambar 10. Jarak antar Sayap 9D

Dalam menganalisis kurva hubungan beban dan penurunan variasi panjang sayap, digunakan model fondasi sayap dengan jarak antar sayap (*spasi*) sama dan panjang sayap berbeda. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan analisis kurva hubungan beban dan penurunan variasi panjang sayap. Berdasarkan Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10, terlihat bahwa model

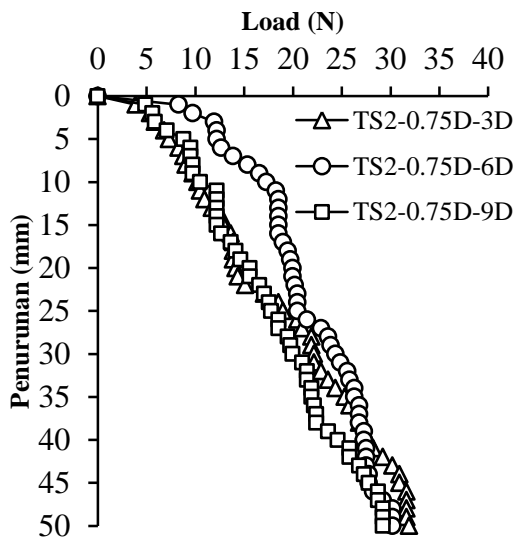
fondasi sayap dengan panjang sayap 1,25D memiliki nilai *load* paling besar dibandingkan dengan panjang sayap 0,50D, 0,75D dan 1,00D.

D.2. Hasil Analisis Kurva Hubungan Beban dan Penurunan Variasi Jarak antar Sayap

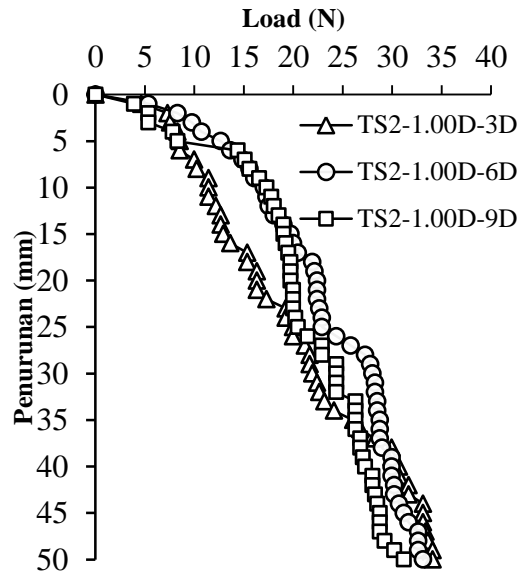
Hasil dari pengujian pembebanan dengan metode CRP, yaitu *load* dan penurunan diplot ke dalam grafik hubungan beban dan penurunan seperti pada Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.



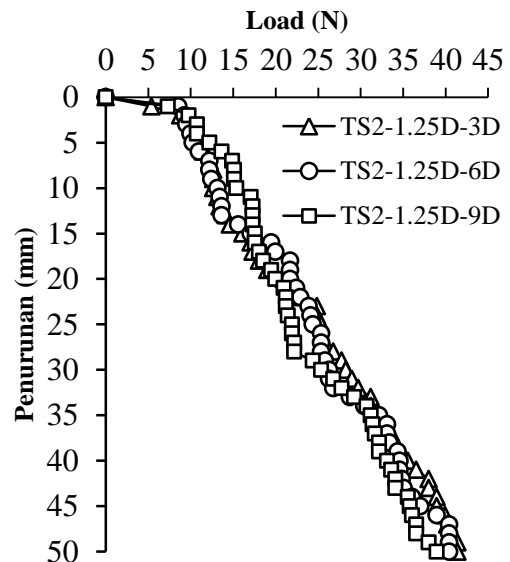
Gambar 11. Panjang Sayap 0,50D



Gambar 12. Panjang Sayap 0,75D



Gambar 13. Panjang Sayap 1,00D



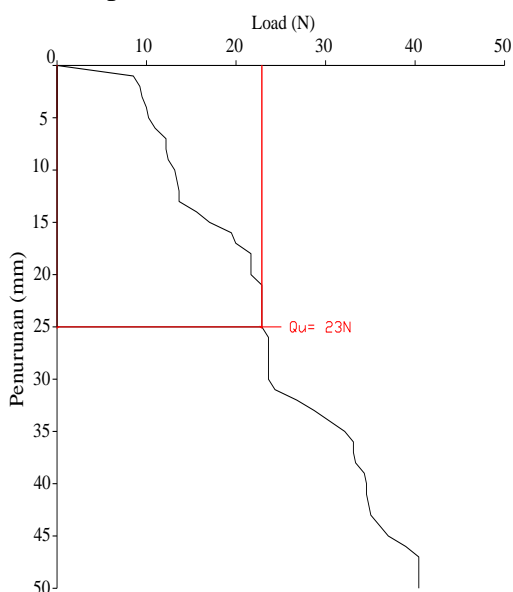
Gambar 14. Panjang Sayap 1,25D

Dalam menganalisis kurva hubungan beban dan penurunan variasi jarak antar sayap sayap, digunakan model fondasi sayap dengan panjang sayap sama dan jarak antar sayap (*spasi*) berbeda. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam melakukan analisis kurva hubungan beban dan penurunan variasi jarak antar sayap. Berdasarkan Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13, dan Gambar 14, terlihat bahwa pada penurunan 50 mm, untuk

model fondasi sayap dengan panjang sayap 0,50D, jarak antar sayap 9D memiliki nilai *load* paling besar. Hasil yang berbeda terlihat pada panjang sayap 0,75D, 1,00D dan 1,25D. Pada penurunan 50 mm, jarak antar sayap 3D memiliki nilai *load* paling besar.

D.3. Hasil Analisis Daya Dukung dengan Metode *Terzaghi and Peck*

Dalam menganalisis daya dukung menggunakan Metode *Terzaghi and Peck*, data yang dibutuhkan adalah beban dan penurunan yang kemudian diplot ke dalam grafik. Dari kurva yang terbentuk, nilai beban pada penurunan 25 mm diinterpretasikan menjadi daya dukung *ultimate* (Q_{25}) seperti yang terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Metode *Terzaghi and Peck*

Hasil perhitungan daya dukung dengan metode *terzaghi and peck* dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil perhitungan yang terlihat pada Tabel 1, menunjukkan adanya penambahan daya dukung fondasi jika diberi perkuatan sayap. Untuk setiap variasi penambahan panjang sayap, model fondasi mengalami kenaikan

nilai daya dukung. Hal ini membuktikan bahwa perkuatan sayap pada fondasi mempengaruhi nilai daya dukungnya.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Daya Dukung dengan Metode *Terzaghi and Peck*

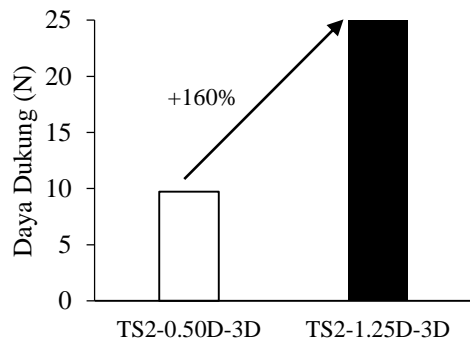
No	Model Fondasi	Daya Dukung	
		(KN)	(N)
1	POLOS	0,005	5
2	TS1-0,50D	0,008	8
3	TS1-0,75D	0,013	13
4	TS1-1,00D	0,016	16
5	TS1-1,25D	0,019	19
6	TS2-0,50D-3D	0,010	10
7	TS2-0,50D-6D	0,013	13
8	TS2-0,50D-9D	0,016	16
9	TS2-0,75D-3D	0,019	19
10	TS2-0,75D-6D	0,020	20
11	TS2-0,75D-9D	0,018	18
12	TS2-1,00D-3D	0,020	20
13	TS2-1,00D-6D	0,023	23
14	TS2-1,00D-9D	0,020	20
15	TS2-1,25D-3D	0,025	25
16	TS2-1,25D-6D	0,024	24
17	TS2-1,25D-9D	0,022	22

D.4. Hasil Analisis Pengaruh Panjang Sayap dan Jarak antar Sayap.

D.4.1. Pengaruh Panjang Sayap

Analisis ini memperlihatkan seberapa besar persentase pertambahan atau penurunan kapasitas daya dukung fondasi sayap akibat adanya pertambahan panjang sayap dari 0,50D sampai dengan 1,25D.

Dalam menganalisis perilaku fondasi berdasarkan variasi panjang sayap, model fondasi dibagi ke dalam 3 kelompok. Pengelompokan yang dilakukan berdasarkan panjang sayap yang berbeda dengan spasi yang sama. Hasil analisis pengaruh variasi panjang sayap dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Pengaruh Panjang Sayap

Berdasarkan Gambar 16, terlihat nilai daya dukung meningkat pada pertambahan panjang 0,50D sampai dengan 1,25D yaitu sebesar 160%. Hal ini menunjukkan perilaku fondasi sayap dengan variasi panjang sayap, yaitu peningkatan daya dukung selalu terjadi jika dilakukan pertambahan panjang pada sayap fondasi.

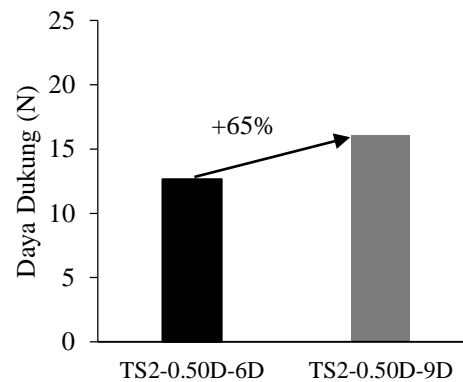
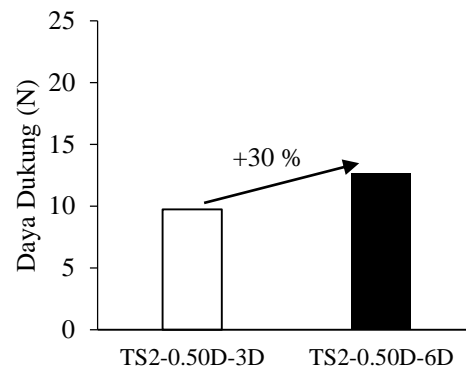
D.4.2. Pengaruh Jarak antar Sayap

Analisis ini memperlihatkan seberapa besar persentase pertambahan atau penurunan kapasitas daya dukung fondasi sayap akibat adanya pertambahan jarak (spasi) antar sayap.

Dalam menganalisis perilaku fondasi berdasarkan variasi jarak antar sayap, model fondasi dibagi ke dalam 4 kelompok. Pengelompokan dilakukan berdasarkan panjang sayap yang sama dengan jarak antar sayap (spasi) yang berbeda. Hasil analisis pengaruh variasi jarak antar sayap dapat dilihat pada Gambar 17.

Berdasarkan Gambar 17, terlihat pertambahan jarak antar sayap dari 3D sampai 6D menghasilkan peningkatan daya dukung sebesar 30% dan pertambahan jarak antar sayap dari 6D ke 9D menghasilkan peningkatan daya dukung sebesar 65%. Hal ini menunjukkan perilaku fondasi sayap dengan variasi jarak antar sayap akan mengalami peningkatan daya dukung

apabila dilakukan pertambahan jarak antar sayap (spasi) dari 3D sampai 9D.



Gambar 17. Pengaruh Jarak antar Sayap

E. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian, pengolahan dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian lapangan, fondasi sayap dengan panjang sayap 1,25D (TS1-1,25D) mampu menerima beban sebesar 19 N. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan fondasi sayap dengan panjang sayap 0,50D, 0,75D, dan 1,00D yang hanya mampu menerima beban berturut turut sebesar 8 N, 13 N, dan 16 N. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa pertambahan panjang sayap akan meningkatkan daya dukung fondasi sayap sebesar 135,7%
2. Berdasarkan hasil pengujian, pada fondasi sayap dengan panjang sayap 0,75D, 1,00D, dan 1,25D,

- pertambahan jarak antar sayap hingga 9D tidak memberikan peningkatan terhadap daya dukung fondasi sayap. Pada fondasi sayap dengan panjang sayap 0,75D dan 1,00D, jarak efektif pemasangan sayap adalah antara 3D sampai 6D. Sedangkan pada fondasi sayap dengan panjang sayap 1,25D, jarak efektif pemasangan sayap adalah 3D.
3. Hasil pengujian fondasi sayap dengan variasi panjang sayap dan jarak antar sayap, yaitu pertambahan panjang sayap lebih dominan meningkatkan nilai kapasitas daya dukung dibandingkan dengan pertambahan jarak antar sayap.

DAFTAR PUSTAKA

- Boylan Noel and Long Michael. 2012. *A Review and Update Recent Developments of Peat Southeast Asian Geotechnical Society*, vol. 43, No. 4: 41 – 45.
- Bowles, J. E. (1991). Analisis dan Desain Pondasi, Edisi Keempat jilid 1, Jakarta : Erlangga.
- Bowles, J.E. (1996). *Foundation Analysis and Design, 5th ed.*, McGraw-Hill, New York, 1175 pp.
- Bureau of Indian Standards. (1988). *Design and Contruction of Pile Foundations – Code of Practice. New Delhi: Soil and Foundation Engineering Sectional Committee, CED 43.*
- Ditra, R. et al. (2016). Analisis Pengaruh Jarak Pelat Helical Terhadap Daya Dukung Tekan *Helical Pile* pada Tanah Gambut, Jom FTEKNIK, 3(2), pp. 1–8.
- Fadhilah, R. (2018). Pengaruh Variasi Jarak Pelat Helical Terhadap Kapasitas Daya Dukung Tekan Pondasi Helical Pile Pada Tanah Gambut dengan Metode *Contants Stress of Penetration*, 5, pp. 3–4.
- Kesuma, I. D. et al. (2011). Uji kapasitas tarik model tiang sirip pada tanah pasir.
- Gunawan, R. (1985). Pengantar Teknik Fondasi, Yogyakarta : Kanisius.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Teknik Fondasi 2, Edisi Kedua, Yogyakarta : Beta Offset.
- Mooney, J. S., Adamczak, Jr., S., & Clemence, S. P. (1985). *Uplift Capacity of Helical Anchors in Clay and Silt. Uplift Behavior of Anchor Foundations in Soil* (pp. 48-72). Detroit, Michigan: American Society of Civil Engineers.
- Murthy, V. (2002). *Geotechnical Engineering : Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering.*
- Parlan. (2016). Pengaruh Jumlah Plat *Helical* Terhadap Daya Dukung Pondasi Tiang *Helical* pada Tanah Gambut, Jom FTEKNIK, 3, pp. 1–7.
- Peck R.B., Hanson W. E. and Thornbun, T. H. (1953; 1974), *Foundation Engineering*, John Willey and Sons, New York.
- Perko Howard, A. (2009). *Helical Piles (A Pratical Guide to Design and Installation)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Putra, R. H. (2015). Pengaruh Variasi Jarak Pelat *Helical* Terhadap Daya Dukung Tarik *Helical Pile* pada Tanah Gambut, pp. 1–10.
- Sardjono, H. S., 1988, Pondasi Tiang Pancang Jilid 1, Surabaya : Sinar Wijaya.