

# ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BERSIRIP PADA TANAH LUNAK DENGAN VARIASI JARAK DAN PANJANG SIRIP

Julperizal<sup>1)</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2)</sup>, Soewignjo Agus Nugroho<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

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

Email : [Julperizal@student.unri.ac.id](mailto:Julperizal@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Soft soil is a soil that has low shear strength. A construction which is built on soft soil usually faces some problems such as low bearing capacity and settlement. Pile foundation is used when a supported soil is located quite far from the surface so that the bearing capacity which can sustain the building has to rely on the skin friction. To obtain the higher pile bearing capacity, several modifications are made including the addition of fins on the pile. This research studies the behavior of finned piles, particularly the relationship between bearing capacity and settlement. Piles were modelled with one and two pair of fins with variations of fin's lengths of 0.50D, 0.75D, 1.0D, and 1.25D. Those piles using the Constant Rate of Penetration (CRP) method. The distances between fins also varies from 3D, 5D, to 7D. The interpretation of loading test data using the Terzaghi and Peck method then it was compared with empirical calculations using the Individual Bearing and Square Shear method. The loading test results show that the length and number of fins affect to bearing capacity of the pile. Piles with 1 (one) and 2 (two) fins are able to bearing greater loads than piles without fin. The largest pile bearing capacity occurs in pile models with fin length's of 1.25D and distance of 5D. The calculation which used the Individual Bearing method produces the value of bearing capacity which is relatively same to the Square Share method. The piles bearing capacity of the model test result is significantly different from the second calculation of the empirical method. The addition of the fins length is more dominant and it improves the piles bearing capacity if it is compared to the change of the distance between the fins.*

*Keywords : Individual Bearing, length of fin pile, Spacing of Fin pile, Square shear*

## PENDAHULUAN

Fondasi tiang merupakan salah satu bagian dari struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke dalam lapisan tanah. Fondasi tiang digunakan apabila tanah mempunyai daya dukung relatif kecil untuk menahan beban bangunan. Semakin pesat perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada bidang Teknik Sipil khususnya ilmu geoteknik, membuat fondasi tiang lebih sering digunakan untuk memikul beban struktur yang

besar dibandingkan dengan jenis fondasi dangkal atau rakit (Istianingsih, 2009).

Pada umumnya, tanah lunak merupakan lapisan tanah yang mempunyai daya dukung rendah. Agar diperoleh peningkatan daya dukung fondasi tiang, beberapa modifikasi fondasi tiang dilakukan oleh beberapa peneliti. Suyadi, dkk (2014) melakukan penelitian dengan menambahkan sirip ulir pada tanah *silty sand*, penambahan sirip ulir secara signifikan meningkatkan daya dukung.

Selain itu, terdapat penelitian tentang fondasi dalam pada tanah gambut, salah

satunya adalah menggunakan fondasi tiang *helical*. Putra (2015) menyatakan beban yang didukung oleh fondasi tiang *helical* dipengaruhi oleh spasi pelat *helical*. Fatnanta (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh jumlah plat *helical* pada tanah gambut, penggunaan jumlah plat *helical* dengan diameter yang sama akan meningkatkan daya dukung tiang. Ditra (2016) menyatakan kapasitas daya dukung fondasi *helical* dipengaruhi oleh jarak pelat *helical*, jarak efektif antar plat *helical* untuk diameter *helical* L (35 cm), M (5 cm), dan S (15 cm) adalah antara 20 sampai 30 cm. Parlan (2016) melakukan penelitian fondasi kelompok *helical pile*, daya dukung fondasi tiang *helical* menghasilkan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  260% - 1600% dibandingkan tiang tanpa *helical*.

Fadhillah (2018) menyatakan daya dukung terbesar terjadi pada fondasi yang memiliki spasi plat *helical* 20 cm. Sedangkan pada fondasi *helical* tipe LL, beban terbesar terjadi pada fondasi yang memiliki spasi pelat *helical* 50 cm. Mengacu pada penelitian sebelumnya bahwa pemberian perkuatan fondasi mampu meningkatkan daya dukung fondasi, oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai perkuatan tambahan pada fondasi tiang. Pada penelitian ini dilakukan pemasangan sirip pada fondasi tiang. Perkuatan ini bertujuan agar diperoleh peningkatan daya dukung fondasi.

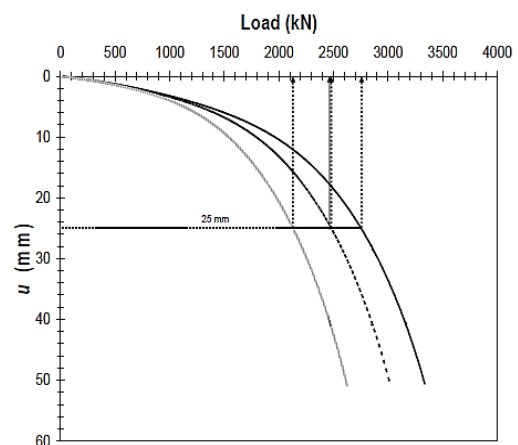
## TINJAUAN PUSTAKA

Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa fondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang ada dibawahnya. Fondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur/bangunan (*sub-structure*) yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas struktur/bangunan (*upper structure*) ke lapisan tanah dibawahnya tanpa

mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah/podasi yang berlebihan (Pradoto, 1997)

## Metode Terzaghi dan Peck

Metode *Terzaghi* dan *Peck* (1967) adalah metode penentuan daya dukung yang umumnya digunakan pada fondasi dangkal. Metode ini telah banyak digunakan, tetapi merupakan akumulasi dari pengamatan langsung di lapangan seperti yang dapat ditampilkan pada **Gambar 1**.

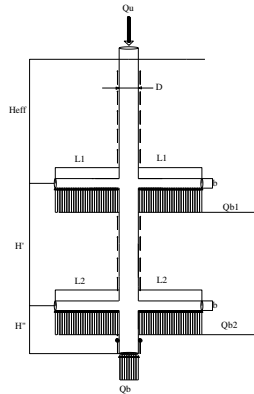


**Gambar 1.** Interpretasi Daya Dukung Ultimit dengan metode Terzaghi and Peck (Robers dkk., 2008)

Gambar 1 menjelaskan bahwa metode ini merupakan metode penentuan daya dukung ultimit berdasarkan beban yang sesuai dengan penurunan 25 mm ( $Q_{25}$ ).

## Metode Individual Bearing

Metode *Individual bearing* merupakan salah satu cara untuk menentukan daya dukung *ultimate* tiang. Teori ini menyebutkan bahwa kegagalan terjadi pada saat beban yang diberikan sama besar dengan penjumlahan daya dukung untuk setiap tiang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Perhitungan kapasitas daya dukung fondasi sirip mengadopsi rumus dari fondasi *helical*. Secara umum dapat dilihat pada persamaan 1.



**Gambar 2.** Metode *Individual Bearing*

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- $Q_b$  Kapasitas daya dukung ujung tiang (kN)
- $Q_s$  Kapasitas daya dukung selimut tiang (kN)

Kapasitas dukung tiang *ultimate* ( $Q_u$ ) adalah daya dukung yang dihasilkan dari kapasitas daya dukung ujung tiang ( $Q_b$ ) dijumlahkan dengan kapasitas selimut tiang ( $Q_s$ ). Untuk menghitung nilai ( $Q_b$ ) dapat dilihat pada Persamaan 2.

$$Q_b = \sum_n q_{ultn} \cdot A_s \dots\dots\dots(2)$$

$$q_{ult} = 9Su \dots\dots\dots(3)$$

$$A_s = \sum_n \frac{\pi}{4} d^2 + 4[lxb] \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- $Q_b$  Tahanan ujung ( kN)
- $q_{ult}$  Tekanan dukung dibawah sirip ke - n (kPa)
- $S_u$  Kuat geser tanah *undrained* (kPa)
- $d$  Diameter Tiang (m)
- $l$  Panjang sirip (m)
- $b$  Diameter sirip (m)
- $A_s$  Jumlah luasan sirip ke-n ( $m^2$ )

Kemudian untuk menghitung kapasitas selimut tiang ( $Q_s$ ) dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$Q_s = A_s \cdot f_s \dots\dots\dots(5)$$

$$f_s = \alpha \cdot T \dots\dots\dots(6)$$

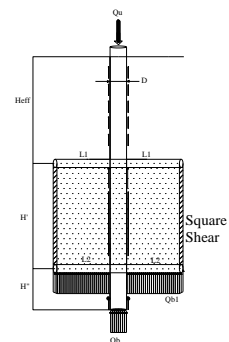
$$A_s = H_{eff} \cdot (\pi D) \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

- $Q_s$  Tahanan Gesek tiang (kN)
- $f_s$  Tahanan gesek satuan tiang ( $kN/m^2$ )
- $\alpha$  Adhesi antara tanah dan tiang (kPa)
- $D$  Diameter tiang (m)
- $H_{eff}$  Panjang dari muka tanah sampai ke sirip paling atas (m)

**Metode Square Shear**

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode square shear. Metode *square shear* merupakan perhitungan daya dukung dengan mangadopsi metode *cylindrical shear* pada fondasi *helical* (Perko, 2009), seperti ditampilkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Metode *Square Shear*

Berdasarkan mekanisme metode *square shear* untuk menghitung kapasitas daya dukung fondasi sirip dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_u = Q_{b1} + Q_s + Q_{ps} \dots\dots\dots(8)$$

dimana:

- Qb1 Kapasitas daya dukung ujung tiang paling bawah (kN)
- Qs Kapasitas daya dukung selimut tiang (kN)
- Qps Kapasitas daya dukung akibat persegi sirip tiang (kN)

Untuk menghitung kapasitas daya dukung ujung sirip paling bawah (Qb1) dan kapasitas daya dukung selimut tiang (Qs) dihitung dari persamaan 2 dan 5. Untuk menghitung kapasitas daya dukung yang di akibatkan dari sirip persegi (Qps) dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut:

$$Qps = T(n - 1)H'\pi As \dots \dots \dots (9)$$

$$As = \sum \{(b_{ki} \cdot H'_{ki}) + (b_{ka} \cdot H'_{ka})\} + (l_{dpn} \cdot H'_{dpn}) + (l_{blkg} \cdot H'_{blkg}) \dots \dots (10)$$

dimana:

- Qps Tahanan gesek akibat sirip (kN)
- T Tegangan geser Tanah (kPa)
- n Jumlah sirip
- b Diameter sirip (m)
- l Panjang sirip (m)
- H' Jarak spasi sirip (m)
- As Luasan Gesek sirip (m<sup>2</sup>)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Umum

Dalam penelitian ini ada tahapan-tahapan yang dilakukan seperti studi literatur, persiapan peralatan penelitian, persiapan bahan-bahan penelitian yaitu tanah lunak dan pembuatan model fondasi skala laboratorium serta pengujian karakteristik tanah lunak di laboratorium, bahan studi literatur ini bertujuan untuk mempermudah dalam

penulisan laporan serta dapat memperoleh wawasan dan informasi tentang penelitian yang telah di lakukan sebelumnya demi kesuksesan tahapan dari penelitian.

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Pengambilan tanah lunak di daerah Siak Kabupaten Siak.

### Penamaan Fondasi Sirip

Terdapat 17 variasi perkuatan sirip, dimana panjang dan jarak antar spasi berbeda. Variasi perkuatan tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang sirip dan spasi sirip terhadap daya dukung fondasi. Variasi fondasi sirip yang digunakan adalah dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Penamaan fondasi

Jenis variasi	Jumlah sirip (N)	Panjang sirip (L)	Jarak antar sirip (H')	Jarak kebawah (H'')
Variasi 1	1	0,50D	-	5
		0,75D		
		1,00D		
		1,25D		
Variasi 2	2	0,50D	3D	5
		0,75D	5D	
		1,00D	7D	
		1,25D		
Variasi 3	Tanpa sirip	-	-	-

### Persiapan Pengujian Pembebanan

Tanah dimasukkan ke dalam bak pengujian, kemudian di lakukan pemadatan setiap 25 cm sampai kedalaman 1 meter dengan cara di injak-injak. Selanjutnya dilakukan pengujian *field vane shear*, bertujuan untuk menjaga kuat geser tanah, nilainya berkisar antara 3 kPa – 6 kPa. Pengujian dilakukan pada kedalaman 25 cm, 50 cm, 75 cm dan 100 cm. Pemeliharaan tanah agar tetap lunak, dengan cara memberi kain basah di atas permukaan tanah. Pemancangan dengan cara manual, yaitu

dengan cara ditekan secara perlahan dengan tangan, dan menggunakan *waterpass* agar pada saat di tekan kondisi tiang tetap lurus ( $90^0$ ). Fondasi sirip di pancang sampai kedalaman 80 cm, fondasi didiamkan antara 12 - 24 jam, hal ini bertujuan supaya mengembalikan tanah seperti semula.

### Pengujian Pembebanan

Pengujian dilakukan dengan metode *Constant rate of penetration*, alat yang digunakan adalah *Hidraulic jack*, *proving ring*, dial penurunan yang berkapasitas 50 mm yang sudah dirakit. Menurut ASTM D1143-81, pengujian metode *CRP* adalah beban diberikan secara terus-menerus dengan kecepatan penetrasi tiang selalu konstan, yaitu 0,5 mm/menit. Pengamatan penurunan dan pembebanan dilakukan dengan cara manual. Pembacaan pembebanan dan penurunan dilakukan secara bersamaan, yaitu setiap penurunan 1 mm. Pembacaan penurunan dan pembebanan dilakukan hingga penurunan mencapai 50 mm. Setiap variasi fondasi tiang dilakukan sebanyak 3 kali pengujian.

### HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil pengujian Sifat Fisik Tanah dan Propertis Tanah

Sifat fisik tanah dan properties tanah lunak diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Pengujian propertis sampel tanah lunak ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah yang akan digunakan pada penelitian. Hasil pengujian karakteristik tanah dapat di lihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2** Hasil Pengujian Properties Tanah

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil
1	Kadar air (w)	%	182,11
2	Berat Volume	kN/m <sup>3</sup>	4,05

3	Berat Jenis (Gs)	-	2,65
4	Batas Cair (LL)	%	51,00
5	Batas Plastis (PL)	%	44,88
6	Indeks Plastis (IP)	%	6,12
7	Kadar abu	%	69,65
8	Kadar organik	%	30,35

Berdasarkan hasil pengujian properties tanah, kadar organik yaitu sebesar 30,35% dan kadar abu 69,65%, tanah ini diklasifikasikan sebagai tanah lanau mengandung organik.

### Kuat Geser Tanah

Pengujian kuat geser tanah dilakukan sebelum uji pembebanan fondasi. Nilai kuat geser tanah diperoleh dengan pengujian vane shear. Pengujian kuat geser dilakukan untuk kontrol kuat geser tanah pada setiap uji fondasi. Pengujian vane shear dilakukan pada 4 lapisan, yaitu pada kedalaman 25, 50, 75 dan 100 cm.

Nilai  $S_u$  yang dipakai untuk perhitungan daya dukung teoritis merupakan nilai rata-rata dari pengujian *field vane shear* yang dilakukan selama pengujian pembebanan. Nilai hasil uji kuat geser rata-rata dapat dilihat pada **Tabel 3**.

**Tabel 3** Nilai Kuat Geser Rata-rata Tanah Semua Tipe Fondasi

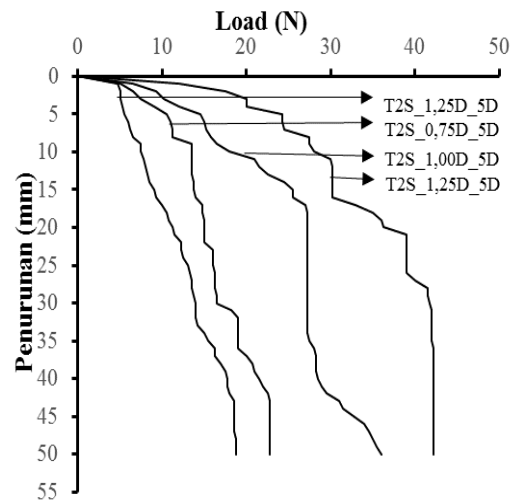
Tipe Fondasi	Su Rerata constant Rate Of Penetration kPa
POLOS	2,36
T1S_0,50D	2,36
T1S_0,75D	2,36
T1S_1,00D	2,38
T1S_1,25D	2,38

T2S_0,50D_3D	2,43
T2S_0,50D_5D	2,43
T2S_0,50D_7D	2,43
T2S_0,75D_3D	2,36
T2S_0,75D_5D	2,36
T2S_0,75D_7D	2,36
T2S_1,00D_3D	2,42
T2S_1,00D_5D	2,42
T2S_1,00D_7D	2,42
T2S_1,25D_3D	2,47
T2S_1,25D_5D	2,47
T2S_1,25D_7D	2,47

Sesuai hasil pengujian kuat geser, nilai  $S_u$  yang didapatkan tidak jauh berbeda dan relatif sama untuk masing-masing tipe fondasi. Nilai  $S_u$  rata-rata 2,80 kPa dan *standar deviasi* 0,042 kPa. Hal ini membuat situasi kondisi pengujian pemodelan sama untuk setiap fondasi.

#### Analisis Variasi Panjang Sirip.

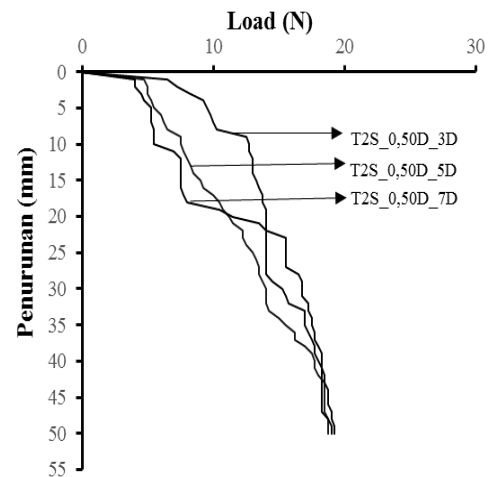
Pengaruh penambahan panjang sirip ditampilkan pada **Gambar 4**. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan panjang sirip fondasi berpengaruh terhadap daya dukung tiang pada tanah lunak. Peningkatan daya dukung tiang hasil pengukuran pengujian yang ditampilkan Gambar 4 memperlihatkan penambahan panjang sirip tiang 0,50D sampai panjang 1,25D seperti yang ditampilkan Gambar 4 menunjukkan daya dukung terbesar adalah panjang sirip 1,25D. Hal ini membuktikan semakin panjang sirip akan memperbesar luas kontak antara tiang dengan tanah sehingga akan meningkatkan daya dukung tiang. Kenaikan daya dukung tiang dari hasil pengukuran pengujian metode terzaghi and peck mencapai 179%.



**Gambar 4** Hubungan antara beban dan penurunan untuk tiap variasi panjang sirip

#### Analisis Variasi Jarak Sirip.

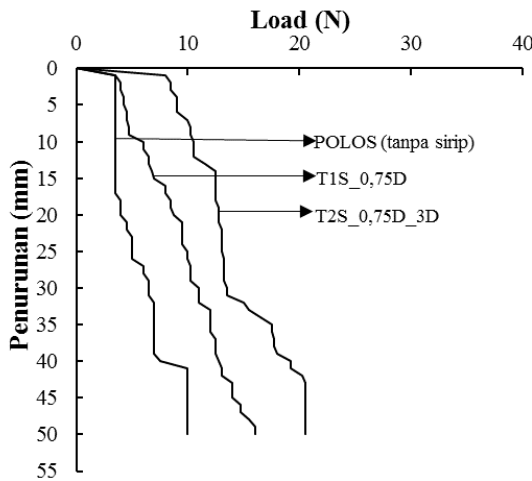
Pengaruh variasi jarak antar sirip seperti ditampilkan pada Gambar 5. Penambahan jarak antar sirip fondasi, memperlihatkan tidak ada perbedaan yang berarti, hal ini menunjukkan penambahan jarak antar sirip tidak terlalu berpengaruh terhadap daya dukung tiang pada tanah lunak. Penambahan jarak antar sirip 3D sampai jarak 7D menunjukkan daya dukung yang dihasilkan tidak jauh berbeda.



**Gambar 5** Hubungan antara beban dan penurunan untuk tiap variasi jarak sirip

### Analisis Variasi Jumlah Sirip.

Pada penelitian ini dilakukan 3 tipe variasi yaitu fondasi tiang polos (tanpa sirip), 1 (satu) sirip dan 2 (dua) sirip. Untuk memudahkan dalam analisa maka fondasi menjadi 3 bagian berdasarkan panjang masing-masing fondasi yaitu T1S\_0,75D, T2S\_0,75D dan tiang polos (tanpa sirip) sebagai pembandingan. Seperti ditampilkan pada Gambar 6

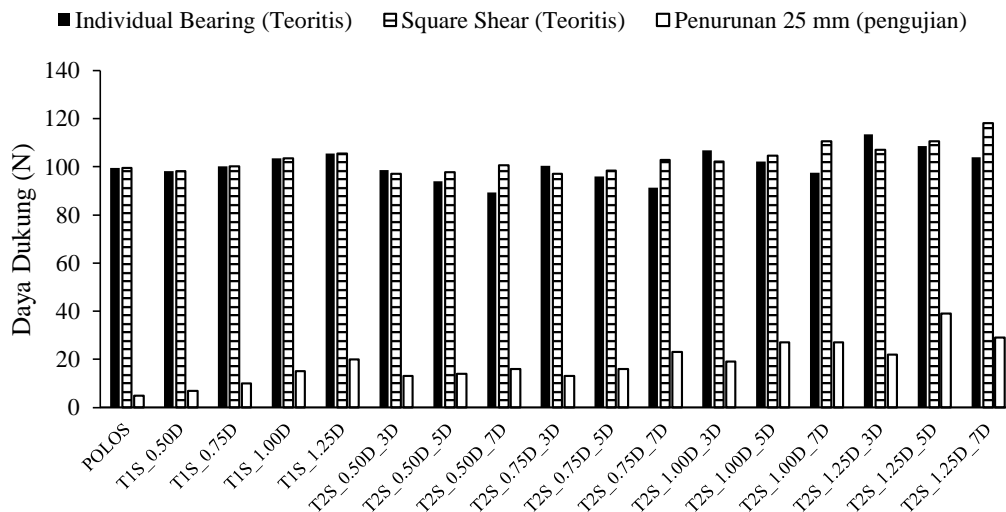


**Gambar 6** Hubungan antara beban dan penurunan untuk tiap variasi jumlah sirip

Pada Gambar 6 menampilkan perbandingan hasil pengujian fondasi tiang sirip dan tanpa sirip. Hasil pengujian yang ditampilkan pada Gambar 6 memperlihatkan bahwa jumlah sirip berpengaruh terhadap daya dukung tiang. penambahan jumlah sirip menyebabkan daya dukung tiang lebih besar dari tiang tanpa sirip. Hal ini disebabkan daya dukung ujung yang dihasilkan oleh sirip. Semakin banyak sirip yang digunakan maka akan memperbesar bidang kontak antara tanah dengan tiang sirip sehingga daya dukung yang dihasilkan lebih besar. Terbukti pada Gambar 6 terlihat bahwa tiang menggunakan 2 (dua) sirip lebih besar dari tiang 1 (satu) sirip dan tiang polos (tanpa sirip).

### Perbandingan antara Daya Dukung Teoritis dan Pengujian

Tujuan dari membandingkan hasil perhitungan daya dukung antara teoritis dengan pengujian adalah untuk melihat rasio perbedaan daya dukung. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Gambar 7**.



**Gambar 7** Daya Dukung Teoritis Dan pengujian

Dari gambar tersebut terlihat bahwa kapasitas daya dukung pondasi hasil

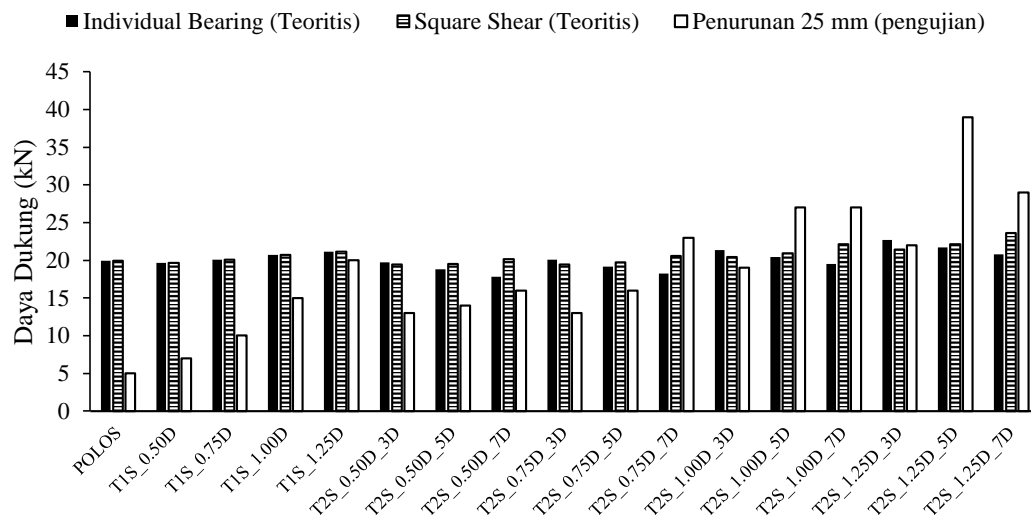
pengukuran metode *individual bearing* dan *square shear* lebih besar dari hasil

pengukuran penurunan 25 mm (terzaghi and peck) dengan standar *error* 86,56 dan 86,71.

### Perbandingan Daya Dukung antara Pengujian dan Teoritis dengan Faktor Koreksi Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil perbandingan daya dukung ultimit antara pengujian di lapangan dan perhitungan secara teoritis, tiang bersirip tetap memiliki perbedaan nilai yang cukup besar. Penggunaan faktor koreksi nilai kuat geser *undrained*

(Su) dari pengujian *field vane shear* untuk tanah lunak yang disarankan oleh Golebiewska (1983) sebesar 0,5 tidak cocok digunakan pada penelitian ini. Agar hasil perhitungan teoritis mendekati hasil pengujian, maka faktor koreksi diperkecil menjadi 0,10. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai standar *error* lebih kecil. Seperti ditampilkan pada **Gambar 8**.



**Gambar 8** Perbandingan Daya Dukung Teoritis Terhadap Pengujian

Gambar 8 menunjukkan kapasitas daya dukung antara teoritis dengan pengujian dengan faktor koreksi 0,10. Nilai standar *error* metode *individual bearing* maupun *square shear* dengan pengujian hampir sama 7,90 dan 7,25.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan, Pertama: Daya dukung fondasi tiang dipengaruhi jumlah, panjang serta jarak antar sirip. Penambahan panjang sirip 0,50D sampai 1,25D berdasarkan hasil pengujian

meningkatkan daya dukung mencapai 179% dan penambahan jarak antar sirip meningkatkan daya dukung mencapai 77% hal ini membuktikan penambahan panjang sirip lebih dominan dibandingkan penambahan jarak antar sirip. Daya dukung terbesar terjadi pada tiang panjang 1,25D dengan jarak antar sirip 5D. Daya dukung metode *individual bearing* maupun *square shear* menghasilkan daya dukung hampir mendekati dengan persentase selisih 13%.



## Saran

Berdasarkan pengalaman dalam penelitian ini, maka dikemukakan beberapa saran kelanjutan untuk penelitian ini, yaitu perilaku daya dukung fondasi sirip sebagai fungsi waktu dan metode pembebanan dilakukan secara bertahap dan bersifat *constant stress*.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D1143-81. 1994. *Standard Test Method For Piles Under Static Axial Compressive Load*. United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.
- Bowles, J.E. (1996), *Foundation Analysis and Design, 5th ed.*, McGraw-Hill, New York, 1175 pp.
- 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 Fondasi Helical Pile Pada Tanah Gambut Dengan Metode Contants Stress Of Penetration', 5, pp. 3–4. doi:10.19301/j.cnki.zncs.2018.17.002
- Fatnanta, F (2016) 'Pengaruh Jumlah Plat Helical Terhadap Daya Dukung Fondasi Tiang Helical Pada Tanah Gambut', *Jom FTEKNIK*, 3, pp. 1–7.
- Hardiyatmo, H. C, 2002, *Teknik Fondasi* 2, Edisi Kedua, Yogyakarta : Beta Offset
- Istianingsih (2009) *Desain Alternatif Fondasi Tiang Pancang Pada Gedung Rumah Sakit Global Awalbros Makassar*.
- Michael, Boylan Noel and Long. 2012. *A Review and Update Recent Developments of Peat Southeast Asian Geotechnical Society*, vol. 43, No. 4: 41 – 45.
- Parlan (2016) 'Pengaruh Jumlah Plat Helical Terhadap Daya Dukung Fondasi Tiang Helical Pada Tanah Gambut', *Jom FTEKNIK*, 3, pp. 1–7.
- Perko Howard, A.2009. *Helical Piles (A Pratical Guide to Design and Installation)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc
- Pradoto, Suhardjito.1997. *Teknik Fondasi*. Bandung: ITB
- Putra, R. H. (2015) 'Pengaruh Variasi Jarak Pelat Helical Terhadap Daya Dukung Tarik Helical Pile Pada Tanah Gambut', pp. 1–10.
- Roberts, L. A., Misra, A., and Leverson, S. (2008). *Practical Method for Load and Resistance Factor Design (LRFD) of Deep Foundations at the Strength and Service Limit States*. International Journal of Geotechnical Engineering, 2(4), 355-368
- Suyadi, W. et al. (2014) 'Peningkatan Daya Dukung Fondasi Tiang Dengan Penambahan Sirip Ulir Menggunakan Rumus Empiris Model Test', 8(1), pp. 65–70.
- Terzaghi, K. And Peck, R.B., 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: John Wiley & Sons