



Terbit online pada laman web jurnal : <http://jurnal.sttp-yds.ac.id>

SAINSTEK (e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Perilaku Daya Dukung Grup Pondasi Tiang Bersirip Pada Tanah Lunak

Lisa Trisnawati¹⁾, Ferry Fatnanta²⁾, Muhamad Yusa³⁾

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

Email: lisa.trisnawati@student.unri.ac.id

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam Jl. H.R. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email: fatnanto1964@gmail.com

³⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam Jl. H.R. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email: m.yusa@eng.unri.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 10 Juni 2020

Revisi Akhir: 14 Juni 2021

Diterbitkan Online: 17 Jun 2021

KATA KUNCI

Daya dukung, fondasi grup, tiang bersirip, tanah lunak.

KORESPONDENSI

Telepon: "+6285265560480"

E-mail: lisa.trisnawati@student.unri.ac.id

A B S T R A C T

Seiring dengan kemajuan ilmu dan teknologi, modifikasi pada bentuk dan perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang terus berkembang. Banyak ditemukan jenis ataupun bentuk-bentuk dari fondasi tiang pancang yang sudah dimodifikasi, salah satunya yaitu dengan penambahan sirip pada fondasi tiang polos. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji perilaku daya dukung fondasi grup tiang sirip dengan variasi jumlah tiang pada tanah lunak, sehingga dapat diketahui perbandingan antara daya dukung fondasi grup tiang sirip dengan fondasi grup tiang polos serta dapat diketahui perbandingan nilai efisiensi antara fondasi grup tiang sirip dengan tiang polos. Hasil analisis diperoleh perilaku daya dukung fondasi grup tiang sirip dengan variasi jumlah tiang 3T, 4T, 5T, 6T dan 8T memiliki kesamaan yaitu pada akhir kurva masih menunjukkan bahwa pada akhir penurunan masih terjadi peningkatan beban. Hal ini terjadi karena daya dukung friction dan end bearing yang dihasilkan fondasi, dengan keberadaan sirip meningkatkan daya dukung end bearing fondasi. Sedangkan untuk model fondasi grup tiang polos menunjukkan daya dukung fondasi didominasi oleh friction. Daya dukung ultimate fondasi grup tiang sirip mempunyai daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan fondasi grup tiang polos. Peningkatan daya dukungnya mencapai 28,88 % untuk variasi 3T, 53,11 % untuk variasi 4T, 36,18 % untuk 5T, 25,49 % untuk 6T dan 23,33 % untuk 8T. Fondasi grup tiang sirip dengan variasi jumlah tiang 8 memiliki daya dukung ultimate terbesar yaitu 108,1 N dan yang terkecil fondasi grup tiang polos dengan variasi jumlah tiang 3 yaitu 47,23 N. Berdasarkan hasil pengujian, efisiensi tertinggi ada pada fondasi tiang polos variasi 3T yaitu sebesar 3,15 dan terkecil 0,33 ada pada tiang sirip variasi 8T, hal ini dipengaruhi oleh peningkatan tekanan air pori di sekitar tiang akibat adanya penambahan sirip.

1. PENDAHULUAN

Tanah memiliki peranan sangat penting pada suatu pekerjaan konstruksi karena mengingat hampir seluruh bangunan dibuat di atas atau di bawah permukaan tanah.

Penggunaan fondasi tiang pancang sebagai fondasi bangunan apabila tanah yang berada di bawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat beban bangunan yang bekerja padanya (Sardjono, 1988). Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang

bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman > 8 m (Bowles, 1991).

Fondasi tiang pancang dikategorikan termasuk jenis fondasi dalam yang digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin. Selain itu juga tiang pancang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga, dimana bangunan ini tiang-tiang dipengaruhi oleh gaya-gaya benturan kapal dan gelombang air. Dalam pemanfaatan sesungguhnya, fondasi tiang lebih sering direncanakan dan dibuat dalam bentuk kelompok tiang (grup tiang). Dalam satu grup tiang, sejumlah tiang (lebih dari satu) diikat dengan satu kepala tiang (*pile cap*).

Di Indonesia sendiri telah banyak dijumpai bermacam-macam bentuk penampang tiang pancang, mulai dari penampang berbentuk lingkaran, bujur sangkar maupun penampang berbentuk segitiga. Seiring dengan kemajuan ilmu dan teknologi, modifikasi pada bentuk dan perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang terus berkembang. Banyak ditemukan jenis ataupun bentuk-bentuk dari fondasi tiang pancang yang sudah dimodifikasi, salah satunya yaitu dengan penambahan sirip pada fondasi tiang polos. Penelitian mengenai fondasi tiang sirip ini telah banyak dilakukan sebagai upaya peningkatan kapasitas daya dukung tiang pancang. Variasi yang digunakan bermacam-macam diantaranya berupa pengaruh jumlah dan putaran sirip (Suyadi, et al., 2014), penelitian ini dilakukan pada tanah *silty sand*. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan daya dukung fondasi dengan penambahan sirip ulir dibandingkan dengan pipa polos. Semakin banyak jumlah dan putaran sirip ulir maka daya dukung fondasi akan meningkat. Selanjutnya variasi pengaruh jarak antar tiang dan pengaruh jarak antar sirip (Kesuma, 2011). Penelitian ini dilakukan pada tanah pasir, hasil penelitian menunjukan bahwa pada kedua jenis kelompok tiang memiliki kecenderungan peningkatan kapasitas tarik yang sama.

Dengan adanya beberapa variasi yang telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya, maka dalam penelitian ini digunakan variasi yang berbeda yaitu berupa pengaruh jumlah tiang. Pengujian dengan skala laboratorium ini nantinya akan memberikan kita gambaran bagaimana sebenarnya perilaku daya dukung fondasi grup tiang sirip dengan variasi jumlah tiang pada tanah lunak, sehingga dapat diketahui perbandingan antara daya dukung fondasi grup tiang sirip dengan fondasi grup tiang polos serta juga dapat diketahui perbandingan nilai efisiensi antara fondasi grup tiang sirip dengan fondasi grup tiang polos.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung

rendah jika dibandingkan dengan tanah lempung lainnya.

2.2. Daya Dukung Grup Tiang

Daya dukung grup tiang ditentukan oleh daya dukung tiap-tiap tiang dan susunan tiang-tiang tersebut dalam sebuah grup. Pada saat beban luar bekerja pada sebuah grup tiang, maka tanah di sekitar fondasi tiang dan dasar tiang akan menerima transfer beban dari tiang. Respon tanah yang menerima transfer beban tersebut ditunjukkan dengan terjadinya perpindahan dan meningkatnya tegangan dalam massa tanah. Pada tanah di daerah-daerah antar tiang, juga akan menerima transfer beban dari beberapa tiang didekatnya.

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini terjadi jika tiang dipancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah yang tidak mudah mampat, namun di bawahnya terdapat lapisan lunak.

2.3. Efisiensi Tiang Dalam Tanah Kohesif

Kapasitas dukung tiang gesek (*friction pile*) dalam tanah lempung akan berkurang jika jarak tiang semakin dekat. Beberapa pengamatan menunjukkan, bahwa kapasitas dukung total dari kelompok tiang gesek (*friction pile*), khususnya tiang dalam tanah lempung sering lebih kecil dari pada hasil kali kapasitas dukung tiang tunggal dikalikan jumlah tiang dalam kelompoknya. Jadi, besarnya kapasitas dukung total menjadi tereduksi dengan nilai reduksi yang tergantung dari ukuran, bentuk kelompok, jarak dan panjang tiangnya. Nilai pengali terhadap kapasitas dukung ultimit tiang tunggal dengan memperhatikan pengaruh kelompok tiang disebut efisiensi tiang (*Eg*).

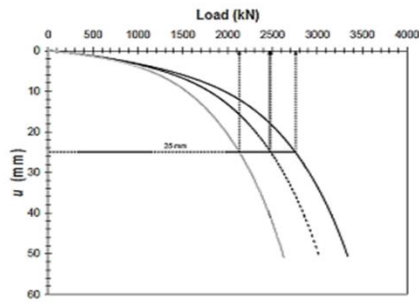
Menurut Coduto (1994), efisiensi tiang (*Eg*) bergantung pada beberapa faktor, antara lain:

1. Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
2. Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
3. Prosedur pelaksanaan pemancangan tiang.
4. Urutan pemasangan tiang.
5. Macam tanah.
6. Waktu setelah pemasangan tiang.
7. Interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah.
8. Arah dari beban yang bekerja.

2.4. Metode Terzaghi dan Peck (1967)

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 (Bowles, 1996), seperti yang dapat ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Interpretasi Daya Dukung Ultimit dengan Metode Terzaghi & Peck (Roberts dkk, 2008)

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

2.5. 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.

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

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.

$$Q_b = \sum q_{ultn} \cdot A_s \quad (2)$$

$$q_{ultn} = 9 \cdot S_u \quad (3)$$

$$A_s = \sum_n \frac{\pi}{4} d^2 + 4 [l \times b] \quad (4)$$

dimana:

Q_b = Tahanan ujung (kN)

q_{ultn} = 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 (m²)

Selanjutnya untuk menghitung kapasitas selimut tiang (Q_s) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5.

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

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

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

dimana:

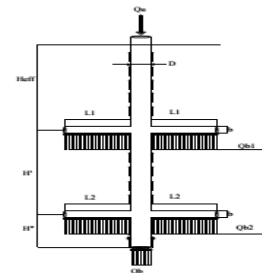
Q_s = Tahanan Gesek tiang (kN)

f_s = Tahanan gesek satuan tiang (kN/m²)

α = Adhesi antara tanah dan tiang (kPa)

D = Diameter tiang (m)

H_{eff} = Panjang dari muka tanah sampai ke sirip paling atas (m)



Gambar 2. Metode *Individual Bearing*

2.6. Metode Square Shear

Metode *square shear* merupakan perhitungan daya dukung dengan mengadopsi metode *cylindrical shear* pada fondasi *helical* (Perko, 2009). Berdasarkan mekanisme metode *square shear* untuk menghitung kapasitas daya dukung fondasi sirip dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

dimana:

Q_{b1} = Kapasitas daya dukung ujung tiang paling bawah (kN)

Q_s = Kapasitas daya dukung selimut tiang (kN)

Q_{ps} = Kapasitas daya dukung akibat persegi sirip tiang (kN)

Untuk menghitung kapasitas daya dukung ujung sirip paling bawah (Q_{b1}) dan kapasitas daya dukung selimut tiang (Q_s) dihitung dari persamaan 2 dan 5. Untuk menghitung kapasitas daya dukung yang diakibatkan dari sirip persegi (Q_{ps}) dapat menggunakan persamaan 9 dan 10.

$$Q_p = T(n-1)H'\pi A_s \quad (9)$$

$$A_s = \sum \{ (b k_i \cdot H' k_i) + (b k_a \cdot H' k_a) \} + (l d p n \cdot H' d p n) + (l b l k g \cdot H' b l k g) \quad (10)$$

dimana:

Q_{ps} = Tahanan gesek akibat sirip (kN)

T = Tegangan geser Tanah (kPa)

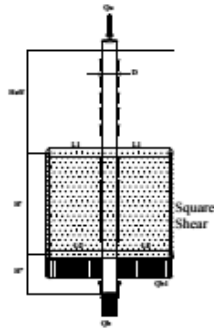
N = Jumlah sirip

b = Diameter sirip (m)

l = Panjang sirip (m)

H' = Jarak spasi sirip (m)

A_s = Luasan gesek sirip (m²)



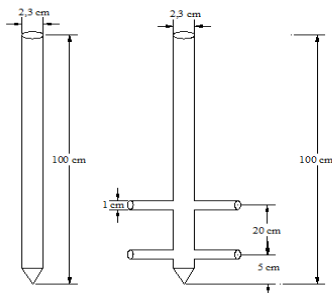
Gambar 3. Metode Square Shear

3. METODOLOGI

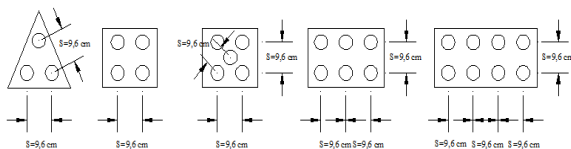
Penelitian ini menggunakan model fondasi grup tiang sirip dan polos dengan variasi jumlah tiang 3T, 4T, 5T, 6T dan 8T pada tanah lunak dan dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Riau.

3.1. Variasi Pengujian

Variasi pengujian dalam penelitian ini terdiri dari *single pile* untuk fondasi polos dan sirip, 5 (lima) variasi untuk jumlah tiang dan 2 (dua) variasi untuk tipe fondasi. Bentuk atau tipe pondasi dan konfigurasi kelompok tiang yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Tipe Fondasi Polos dan Sirip



Gambar 5. Tampak Atas Konfigurasi Kelompok Tiang

3.2. Peralatan Pengujian

Penelitian ini menggunakan peralatan berupa bak uji dan peralatan pembebanan.

1. Bak Uji

Dalam penelitian ini bak uji yang digunakan terbuat dari bahan plat besi yang memiliki ukuran panjang 150 cm, lebar 90 cm dan tinggi 90 cm.

2. Peralatan Pembebanan

Pembebanan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan pembebanan statis. Peralatan pembebanan ini terdiri dari *hydraulic jack*, *proving ring*, dial beban, dial penurunan yang berkapasitas 50 mm yang sudah dirakit.

3.3. Pengujian Laboratorium

Adapun peungujian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Uji Propertis Tanah
 - a. Uji Kadar Air (w)
 - b. Pengujian Kadar Abu
 - c. Pengujian Batas Atterberg (*Atterberg Limit*)
 - d. Pengujian Kuat Geser (*field vane shear*)

2. Uji Pembebanan

Uji pembebanan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pembebanan statis yaitu berupa pengujian pembebanan *Constant Rate of Penetration (CRP Test)*. Dalam penelitian ini pengujian pembebanan dilakukan dengan kecepatan putaran yaitu sebesar 0,5 mm/menit dimana setiap satu putaran dial gauge mengukur penurunan sebesar 1 mm. Pengujian dilakukan sampai total penetrasi 50 mm. Sebelum uji pembebanan dilakukan, terlebih dahulu tanah dimasukkan ke dalam bak uji, kemudian dilakukan pemadatan setiap 30 cm hingga mencapai kedalaman 90 cm yaitu dengan cara diinjak-injak. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian *field vane shear* pada kedalaman 30 cm, 60 cm dan 90 cm guna menjaga kuat geser tanah, nilainya berkisar antara 3 - 5 Kpa. Proses pengujian grup tiang dilakukan secara bertahap dan untuk pemeliharaan tanah agar tetap lunak yaitu dengan memberi kain basah/penutup di atas permukaan tanah dan sebagai kontrol terhadap kondisi awal dilakukan pengujian *vane shear*. Pemancangan dilakukan secara manual dengan cara ditekan secara perlahan-lahan menggunakan tangan dan untuk mengontrol agar fondasi tiang tetap lurus (90°) digunakan *waterpass*. Setelah dilakukan pemancangan, model pondasi didiamkan terlebih dahulu selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian pembebanan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Properties Tanah

Tabel 1. Hasil Pengujian *Properties Tanah*

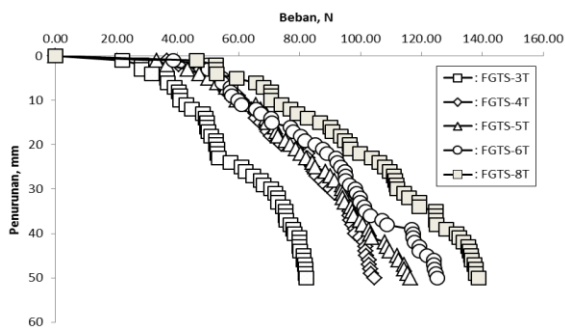
Kadar Air Rata-rata (w)	41.65 %
Liquid Limit (LL)	41.50 %
Plastis Limit (PL)	29.60 %
Plasticity Index (PI)	11.90 %
Kadar Abu Rata-rata	1,67 %

Pengujian propertis tanah ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah yang akan digunakan dalam

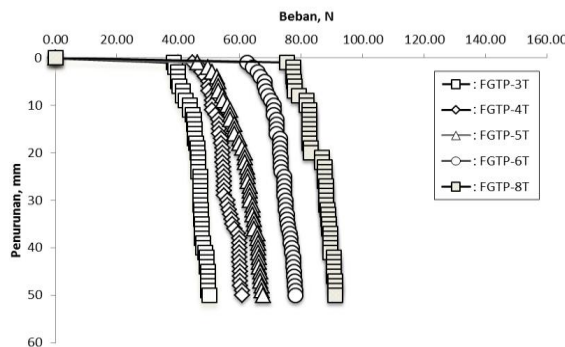
penelitian. Berdasarkan hasil pengujian di atas menurut USCS Class dan ASTM 2487 Class ini menunjukkan bahwa sampel tanah yang diujikan tergolong ke dalam jenis tanah *silt* (lanau) dengan konsistensi plastisitasnya yaitu *low plasticity* (plastisitas rendah) dengan nilai *liquid limit* (LL) sebesar 41,5 % ($LL < 50$) yang memiliki kadar abu rata-rata relatif rendah yaitu sebesar 1,67%.

4.2. Hasil Uji Pemodelan Fondasi Grup Tiang dengan Pembebanan Aksial

Berdasarkan bentuk dan perilaku kurva hubungan beban dengan penurunan untuk model fondasi grup tiang sirip dengan ke lima variasi jumlah tiang 3T, 4T, 5T, 6T dan 8T yang ditampilkan pada Gambar 6 memiliki kesamaan yaitu pada akhir kurva masih menunjukkan bahwa pada akhir penurunan masih terjadi peningkatan beban. Hal ini terjadi karena daya dukung *friction* dan *end bearing* yang dihasilkan fondasi, dengan keberadaan sirip meningkatkan daya dukung *end bearing* fondasi.



Gambar 6. Hubungan Pembebanan dengan Penurunan Untuk Model Fondasi Grup Tiang Sirip

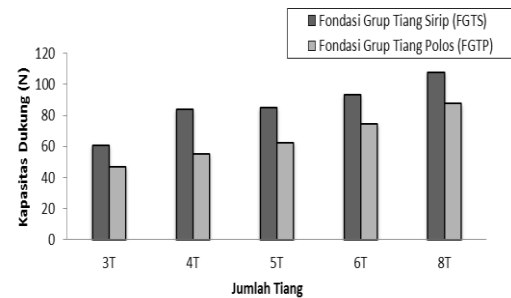


Gambar 7. Hubungan Pembebanan dengan Penurunan Untuk Model Fondasi Grup Tiang Polos

Berdasarkan bentuk dan perilaku hubungan pembebanan dengan penurunan untuk model fondasi grup tiang polos dengan ke lima variasi seperti yang terlihat pada Gambar 7 menunjukkan daya dukung fondasi grup tiang polos didominasi oleh *friction*. Fondasi tiang polos mempunyai daya dukung ujung tiang (*end bearing*) relatif kecil. Apabila daya dukung *end bearing* sudah mencapai *ultimate*, maka kekuatan dibebankan pada *friction*. Oleh sebab itu, pada grafik beban dengan penurunan menunjukkan penurunan relatif besar, sedangkan peningkatan beban relatif rendah.

4.3. Interpretasi Hasil Pengujian Daya Dukung Pondasi Grup Tiang

Berdasarkan interpretasi data hasil uji lapangan dengan metode Terzaghi & Peck (1967), maka diperoleh daya dukung *ultimate* untuk masing-masing tipe fondasi. Gambar 8 memperlihatkan perbedaan daya dukung antara fondasi grup tiang sirip dengan grup tiang polos. Daya dukung *ultimate* fondasi grup tiang sirip mempunyai daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan fondasi grup tiang polos. Peningkatan daya dukung ini dikarenakan adanya penambahan sirip pada tiang tersebut.

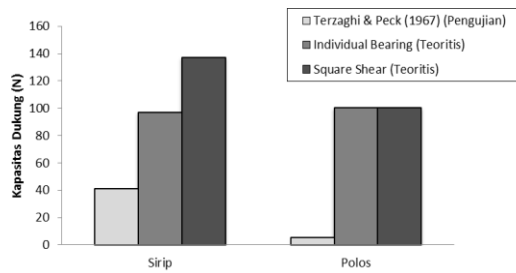


Gambar 8. Perbedaan Daya Dukung Fondasi Grup Tiang Sirip Dengan Fondasi Grup Tiang Polos

Peningkatan daya dukung fondasi grup tiang sirip mencapai 28,88 % untuk variasi 3T, 53,11 % untuk variasi 4T, 36,18 % untuk 5T, 25,49 % untuk 6T dan 23,33 % untuk 8T. Fondasi grup tiang sirip dengan variasi jumlah tiang 8 memiliki daya dukung *ultimate* terbesar yaitu 108,1 N dan yang terkecil fondasi grup tiang polos dengan variasi jumlah tiang 3 yaitu 47,23 N. Kontribusi dari sirip ini yang menyebabkan kemampuan fondasi tiang sirip dalam memikul beban menjadi lebih besar dibandingkan dengan fondasi tiang polos. Pada daya dukung grup tiang, selain daya dukung masing-masing tiang dalam grup, tata letak dan dimensi dari grup sangat menentukan kapasitas daya dukung tersebut (Hakam, 2008).

4.4. Perbandingan Antara Hasil Pengujian (Hasil Interpretasi Data) dengan Hasil Perhitungan Kapasitas Dukung Teoritis

Perbandingan antara hasil pengujian (hasil interpretasi data) dengan hasil perhitungan kapasitas dukung teoritis ini bertujuan untuk mengetahui rasio perbedaan kapasitas dukung.



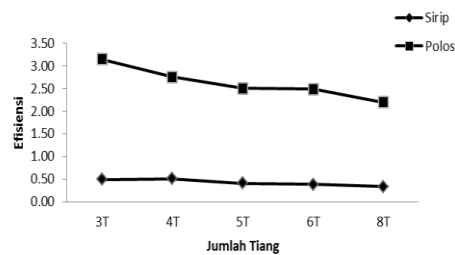
Gambar 9. Perbandingan Antara Hasil Pengujian (Hasil Interpretasi Data) dengan Hasil Perhitungan Kapasitas Dukung Teoritis

Gambar 9 memperlihatkan kapasitas daya dukung fondasi hasil perhitungan secara teoritis menggunakan metode *individual bearing* dan *square shear* memiliki hasil lebih besar dari pada hasil pengukuran menggunakan metode Terzaghi & Peck (1967) dengan standar eror 27,84 dan 31,71. Hal ini terjadi karena dalam perhitungan secara teoritis menggunakan faktor koreksi nilai kuat geser *undrained* (S_u) dari pengujian *field vane shear* untuk tanah lunak yang disarankan oleh Golebiewska (1983) sebesar 0,5.

4.5. Analisis Efisiensi Grup Tiang Berdasarkan Hasil Pengujian

Gambar 10 menunjukkan efisiensi grup tiang untuk tiang polos memiliki nilai yang tertinggi dibandingkan dengan tiang sirip untuk semua variasi tiang. Hal ini dikarenakan fondasi polos luasan pengaruhnya lebih kecil dibandingkan luas pengaruh fondasi tiang sirip, sehingga kedua luas pengaruh saling tumpang tindih. Pada fondasi tiang polos distribusi tekanan di dalam tanah sangat berbeda antara tiang tunggal dan kelompok tiang. Distribusi tegangan yang terjadi di bawah kelompok tiang bergantung pada lebar luasan kelompok tiang. Sedangkan pada fondasi tiang sirip intensitas tekanan fondasi tiang pada bagian dalam lebih besar oleh akibat tumpang tindih tegangan dari masing-masing tiang.

Efisiensi kelompok tiang dalam tanah kohesif sangat dipengaruhi oleh kelebihan tekanan air pori (*excess pore pressure*) yang timbul akibat pemancangan dan kelebihan tekanan air pori yang besar terjadi di dekat tiang (O'Neill, 1983), hal ini yang menyebabkan pondasi grup tiang polos 3T memiliki nilai efisiensi tertinggi yaitu 3,15 dan terkecil 0,33 tiang sirip 8T, karena dengan adanya penambahan sirip ini terjadi peningkatan tekanan air pori di dekat tiang yang timbul akibat pemancangan. Hampir semua efisiensi mempunyai *trend* nilai efisiensi yang juga cenderung menurun, hal ini dikarenakan adanya pengaruh jumlah tiang.



Gambar 10. Perbedaan Efisiensi Fondasi Grup Tiang Sirip Dengan Fondasi Grup Tiang Polos Berdasarkan Hasil Pengujian

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Perilaku daya dukung fondasi grup tiang sirip dengan variasi jumlah tiang 3T, 4T, 5T, 6T dan 8T memiliki kesamaan yaitu pada akhir kurva masih menunjukkan bahwa pada akhir penurunan masih terjadi peningkatan beban. Hal ini terjadi karena daya dukung *friction* dan *end bearing* yang dihasilkan fondasi, dengan keberadaan sirip meningkatkan daya dukung *end bearing* fondasi. Sedangkan untuk model fondasi grup tiang polos menunjukkan daya dukung fondasi grup tiang polos didominasi oleh *friction*. Fondasi tiang polos mempunyai daya dukung ujung tiang relatif kecil. Apabila daya dukung *end bearing* sudah mencapai *ultimate*, maka kekuatan dibebankan pada *friction*. Oleh sebab itu, pada grafik beban dengan penurunan menunjukkan penurunan relatif besar, sedangkan peningkatan beban relatif rendah.
2. Daya dukung *ultimate* fondasi grup tiang sirip mempunyai daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan fondasi grup tiang polos. Peningkatan daya dukung ini dikarenakan adanya penambahan sirip pada tiang tersebut, peningkatan daya dukungnya mencapai 28,88 % untuk variasi 3T, 53,11 % untuk variasi 4T, 36,18 % untuk 5T, 25,49 % untuk 6T dan 23,33 % untuk 8T. Fondasi grup tiang sirip dengan variasi jumlah tiang 8 memiliki daya dukung *ultimate* terbesar yaitu 108,1 N dan yang terkecil fondasi grup tiang polos dengan variasi jumlah tiang 3 yaitu 47,23 N. Kontribusi dari sirip ini yang menyebabkan kemampuan fondasi tiang sirip dalam memikul beban menjadi lebih besar dibandingkan dengan fondasi tiang polos.
3. Berdasarkan hasil pengujian, efisiensi grup tiang untuk tiang polos memiliki nilai yang tertinggi dibandingkan dengan tiang sirip untuk semua variasi tiang. Hal ini dikarenakan fondasi polos luasan pengaruhnya lebih kecil dibandingkan luas pengaruh fondasi tiang sirip, sehingga kedua luas pengaruh saling tumpang tindih. Pada fondasi tiang polos distribusi tekanan di dalam tanah sangat berbeda antara tiang tunggal dan kelompok tiang. Distribusi tegangan yang terjadi di bawah

kelompok tiang bergantung pada lebar luasan kelompok tiang. Sedangkan pada fondasi tiang sirip intensitas tekanan fondasi tiang pada bagian dalam lebih besar oleh akibat tumpang tindih tegangan dari masing-masing tiang. Efisiensi tertinggi ada pada fondasi tiang polos variasi 3T yaitu sebesar 3,15 dan terkecil 0,33 ada pada tiang sirip variasi 8T, hal ini dipengaruhi oleh peningkatan tekanan air pori di sekitar tiang akibat adanya penambahan sirip tersebut.

5.2. Saran

1. Penelitian ini perlu dikembangkan lagi dengan variasi yang berbeda diantaranya dengan menambah jarak tiang sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap peningkatan kapasitas dukung.
2. Penelitian ini juga masih perlu pengembangan yaitu dari segi model/bentuk sirip, dimensi sirip serta jumlah sirip, sehingga dengan hasilnya nanti dapat diketahui seberapa besar pengaruhnya dalam menghasilkan daya dukung.
3. Perlu dilakukan percobaan dengan jenis tanah yang berbeda, karena dalam penelitian ini hanya digunakan tanah berjenis *silt* (lanau) yang berplastisitas rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Hakam., 2008, *Rekayasa Fondasi*, Bintang Grafika, Padang.
- Bowles, J.E., 1991, *Analisis dan Desain Fondasi*, Edisi ke-4 (Jilid 1), Erlangga, Jakarta.
- Fadlan, Ferry Fatnanta & Muhandi., 2019, Efisiensi Tiang Group Konfigurasi 2x2 Fondasi Helical Pile Pada Tanah Gambut, dalam *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 19(3), Oktober, pp.560-564, ISSN: 1411-8939, <https://DOI10.33087/jiubj.v19i3>.
- Hary Christady Hardiyatmo., 2015, *Analisis dan Perancangan Fondasi II*, Edisi ke-3, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hasrudin Sjachrul Balamba, Sumampouw, J.E.R., 2018. Pengaruh Jenis Tanah Dan Bentuk Tiang Pancang Terhadap Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Grup Akibat Beban Vertikal, *Jurnal Sipil Statik* Vol.6 No.5 Mei 2018 (339-352) ISSN: 2337-6732, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Heru Dwi Jatmoko., 2010, Kajian Penurunan Tahanan Gesek Dinding Dan Kapasitas Dukung Tiang Pada Fondasi Tiang Meruncing Di Tanah Kohesif, dalam *Jurnal Spektrum Sipil*, ISSN 1858-4896 Vol.1, No.1: 29-37, April, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purworejo, Purworejo.
- I Dewa Gede M.J.K., 2011, Uji Kapasitas Tarik Model Tiang Sirip Pada Tanah Pasir, Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Julperizal, Ferry Fatnanta & Soewignjo Agus Nugroho., 2019, Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bersirip Pada Tanah Lunak Dengan Variasi Jarak dan Panjang Sirip, dalam *Jurnal Jom FTEKNIK*, Volume 6 Edisi 2 Juli s.d Desember 2019, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Muhammad Mukhlisin, dkk., 2018, Analisa Perilaku Daya Dukung Friksi Tiang Pancang pada Tanah Lempung, dalam *Jurnal KURVATEK* Vol. 3, No. 1, April 2018, pp.113-119 ISSN: 2477-7870, Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
- Nuryanto, Sri Wulandari., 2013, Perencanaan Fondasi Tiang Pada Tanah Lempung, *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Teknik Sipil)*, Vol. 5, 8-9 Oktober, ISSN: 1858-2559, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma, Bandung.
- Randy Fadhilah, Ferry Fatnanta & Soewignjo Agus Nugroho., 2018, Pengaruh Variasi Jarak Pelat Helical Terhadap Kapasitas Daya Dukung Tekan Fondasi Helical Pile Pada Tanah Gambut Dengan Metode Constant Stress Of Penetration, dalam *Jurnal Jom FTEKNIK*, Volume 5 Edisi 1 Januari s.d Juni 2018, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Razak Arif C.W, Ferry Fatnanta & Soewignjo Agus Nugroho., 2012, Pengaruh Waktu Terhadap Peningkatan Kapasitas Dukung Kelompok Tiang Pada Tanah Lunak, Skripsi Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Roberts L.A, Anil Misra., 2009, Load And Resistance Factordesign (LRFD) Of Deep Foundations Using A Performance-Based Designapproach, *Journal of GeoEngineering*, Vol. 4, No. 3, pp. 87-92, December.
- Sardjono, HS., 1988, *Fondasi Tiang Pancang*, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Suyono Sosrodarsono & Nakazawa, K., 2005, *Mekanika Tanah dan Teknik Fondasi*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Vonni Septimarna, Ferry Fatnanta & Muhandi., 2017, Analisis Daya Dukung Fondasi Kelompok Helical Pile Pada Tanah Gambut, dalam *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian*,

Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.

Widodo Suyadi, dkk., 2014, Peningkatan Daya Dukung Fondasi Tiang Dengan Penambahan Sirip Ulir Menggunakan Pendekatan Rumus Empiris Dan Model Test, dalam *Jurnal Rekayasa Sipil* Volume 8, No.1 ISSN: 1978 – 5658, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang.