PENGARUH JARAK ANTAR FONDASI DAN KEKASARAN TERHADAP DAYA DUKUNG FONDASI TIANG KELOMPOK

Davin Sayoga [1)], Ferry Fatnanta [2)], Soewignjo Agus Nugroho [2)]
[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 : davin.sayoga@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Upper soil crust of coastal area in Indonesia consists of greatly-thick soft soil. Therefore, the use of end-bearing type pile foundation on that kind of area is highly discouraged due to how expensive it is economically. Friction pile becomes an alternative foundation for coastal area, however there is still little friction between pile surface and soil due to concrete and steel's smooth surface. Pile modification via improving pile surface's coarseness can be considered as an alternative for improving friction force between pile and soil. This study aims to determine the effect of pile surface coarseness towards pile surface's bearing capacity. This study was conducted by making a varying type of coarseness of the pile surface and distance between piles. The first type of coarseness is matched with pile with concrete ingredient. The second type of coarseness is made with stone shards which cover the pile surface in its entirety. The third type of coarseness is a variance of how the first and second coarseness are made, however with same length between segments. The observation was conducted in a laboratory and with loading test applied on the pile model. The test results were analyzed with graphic method. The resulting study shows that there is an improvement in bearing capacity. Foundation with coarseness on its surface has higher Q_{ult} value (98,03% - 134,63%) than those without coarseness.

Keywords : Soft Soil, Pile Foundation, Coarseness, Static Loading Test, Interpretation of Loading Test

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan penduduk di Indonesia menyebabkan pembangunan infrastruktur di Indonesia semakin banyak dan pesat. Sehingga berdampak pada pertambahan kebutuhan lahan untuk pembangunan infrastruktur di Indonesia. Perencanaan pembangunan infrastruktur dimulai dari mengetahui kondisi tanah dimana pembangunan itu ditempatkan. Provinsi Riau, khususnya di daerah pesisir sebagian besar di dominasi oleh tanah lunak, pengaruh endapan yang berasal dari laut, selat dan pasang surut menyebabkan ketebalan tanah lunak di daerah tersebut dapat mencapai kurang lebih 30 meter.

Meningkatnya pembangunan infrastruktur di Provinsi Riau menyebabkan kebutuhan akan lahan baru yang menyebabkan pembangunan yang mendatang harus dilakukan di daerah yang kurang memenuhi syarat yaitu pada tanah lunak. Tanah lunak memiliki kadar air yang tinggi dan kuat geser yang rendah sehingga pada pembangunan struktur terlebih lagi pada pembuatan fondasi yang sangat bergantung pada jenis tanah perlu dilakukan pengerjaan yang lebih.

Tanah lunak dengan plastisitas tinggi, memiliki kohesifitas yang besar sehingga berakibat fluktuasi kembang susut yang

relatif besar, sehingga pada saat tanah basah volume tanah akan mengembang sehingga kuat gesernya akan rendah dan tanah akan lengket, sedangkan pada kondisi kering akan mengalami retakan-retakan akibat tegangan susut dan tanah dalam kondisi keras. Selain itu tanah lunak mempunyai berat isi dan sudut gesek yang kecil, hal ini menyebabkan penambahan suatu beban dan konstruksi bangunan pada tanah lunak tidak akan stabil. Selain itu juga, rendahnya nilai kuat geser juga menimbulkan permasalahan lain, yakni dapat menyebabkan penurunan fondasi yang berlebih. Dengan kondisi tersebut, untuk membangun suatu konstruksi diatas tanah yang sangat lunak, perlu dilakukan perkuatan fondasi.

Fondasi merupakan bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas mendukung seluruh beban bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*Upper Structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Fondasi tiang merupakan suatu struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke dalam lapisan tanah pada kedalaman tertentu. Fondasi tiang digunakan bila tanah fondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pada pembangunan gedung dengan volume yang besar akan digunakan tiang kelompok apabila tiang tunggal tidak dapat memberikan daya dukung yang cukup untuk memikul struktur diatasnya. Pada kondisi struktur tanah lunak, daya dukung fondasi mengandalkan friksi atau tahanan kulit untuk menahan beban diatasnya maka dibutuhkan studi lebih lanjut terhadap kekasaran pada selimut tiang fondasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fondasi Tiang Pancang

Fondasi tiang pancang adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Tiang pancang memiliki bentuk yang panjang dan langsung yang menyalurkan beban ke tanah yang lebih dalam. Pemancangan tiang pancang adalah dengan cara dipukul, dibor atau di dongkrak ke dalam tanah dan dihubungkan dengan *pile cap* (*poer*). Tergantung juga pada tipe tanah, material dan karakteristik penyebaran beban tiang pancang diklasifikasikan berbeda-beda.

Seperti tipe fondasi yang lainnya, tujuan dari fondasi tiang adalah:

1. Untuk menyalurkan beban fondasi ke tanah keras
2. Untuk menahan beban vertikal, lateral, dan beban uplift.

Penggunaan fondasi tiang pancang sebagai fondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan beban yang bekerja padanya (Sardjono HS, 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). Fungsi dan kegunaan dari fondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan beban-beban dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

Umumnya, jarak antar tiang dalam kelompok tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil. Ketentuan ini berdasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Bila jarak antar tiang terlalu kecil kemungkinan tanah di sekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dipancang terlalu berdekatan. Selain itu dapat menyebabkan terangkatnya tiang-tiang di sekitarnya yang telah dipancang lebih dahulu.
2. Bila jarak antar tiang terlalu besar akan menyebabkan perencanaan menjadi tidak ekonomis karena akan memperbesar ukuran atau dimensi dari *poer*, jadi akan memperbesar biaya.

2.2 Metode Interpretasi Data

Penelitian ini menggunakan uji pembebanan statik yang bertujuan untuk membuktikan tingkat keamanan suatu struktur. Metode interpretasi data yang dipilih adalah Metode *Chin* (1970). Dasar teori ini adalah sebagai berikut :

Kurva load-settlement digambarkan dalam kaitannya.

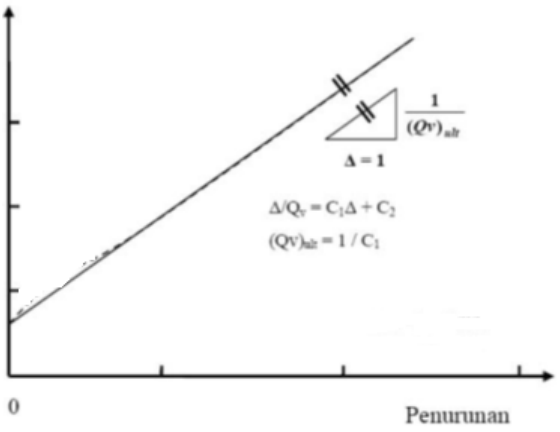
$$\frac{S}{Q} = C_1 S + C_2$$

Kegagalan beban (*Qf*) atau beban terakhir (*Qult*) dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = \frac{1}{C1}$$

Keterangan :
S = Settlement
Q = Penambahan Beban
C1 = Kemiringan Garis Lurus

Grafik interpretasi metode *Chin* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Interpretasi Metode *Chin*

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Dalam penelitian ini ada tahapan-tahapan yang dilakukan seperti studi literatur, persiapan peralatan penelitian, persiapan bahan-bahan penelitian yaitu tanah lunak, pembuatan sampel uji serta pengujian sampel di laboratorium, bahan studi literaratur ini bertujuan untuk mempermudah dalam penulisan laporan serta dapat memperoleh wawasan dan informasi tentang peneltian yang telah di lakukan sebelumnya demi kesuksesan tahapan dari penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Pengambilan sampel tanah lunak di daerah Sungai Pakning, Bengkalis. Sampel pasir yang berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah dan pembuatan sampel uji dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Universitas Riau.

3.3 Prosedur Pengujian

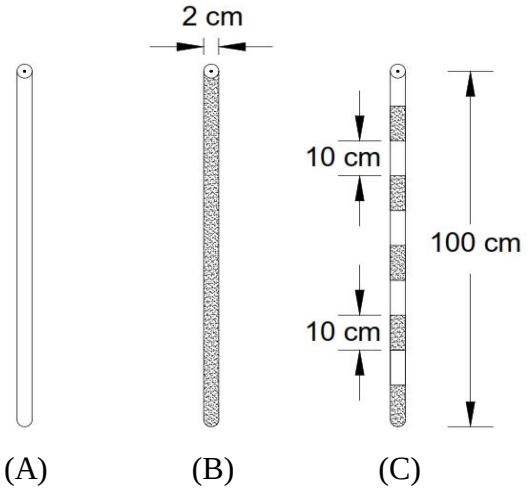
Prosedur penelitian dimulai dari pengambilan sampel, uji propertis sampel, persiapan pemodelan, dan uji beban pemodelan. Tanah lunak sebelum sampel diambil, terlebih dahulu sampel diuji kuat geser menggunakan *vane shear*, kemudian berikutnya dilakukan pengujian pendahuluan yang meliputi pengujian kadar air, berat jenis, kuat geser, dan pengujian konsistensi tanah yang meliputi batas cair dan batas plastis.

Model fondasi yang dibuat berdimensi panjang 100 cm, diameter 2 cm, dan diameter tulang 8mm. Model dibuat dengan variasi selimut dengan kekeasaran polos, kekasaran penuh dan kekasaran berjarak, dapat dilihat pada Gambar 2. Selimut fondasi dimodifikasi dengan melekatkan pasir yang seragam dengan ukuran 0,425 mm.

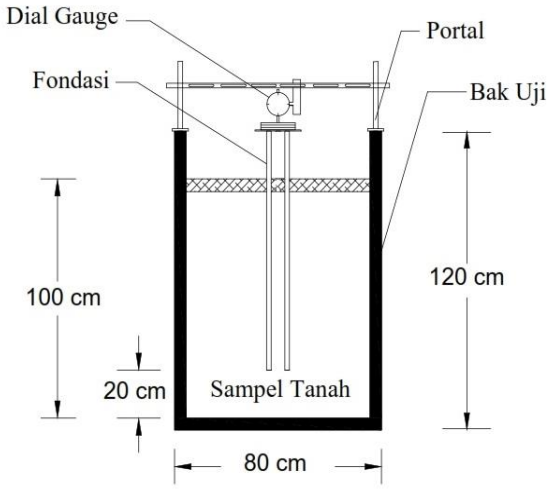
Setelah sampel kering dan siap diuji, sampel dimasukan kedalam bak yang berukuran panjang 0,8 m, lebar 0,8m, dan tinggi 1,2 m yang sudah dipasangi portal sebagai tempat terkuncinya *dial gauge* Sampel dimasukan secara bertahap dan diuji kuat geser pada setiap lapisan. Model yang telah disiapkan ditanam secara tegak

lurus kedalam bak yang telah diisi sampel. Jumlah model yang ditanam dalam satu kelompok tiang berjumlah 4 dengan jarak antar tiang pada masing-masing kelompok adalah 2 kali diameter (2,5D) dan 3 kali diameter (3D).

Pengujian dilakukan dengan menambahkan beban yaitu satu set alat pembebanan yang sudah disediakan secara bertahap dan mencatat penurunannya pada waktu yang telah ditetapkan. Pembacaan masing – masing dilakukan setiap 1 menit hingga 10 menit pertama, pembacaan setiap 5 menit sampai menit ke 30, pembacaan setiap 10 menit sampai menit 60, setiap 15 menit sampai menit 120, pembacaan setiap 30 menit sampai menit 240, pembacaan setiap 60 menit sampai menit 480, dan pembacaan 1 hari. Apabila penurunan dari 8 jam ke 1 hari terus berlanjut maka pembacaan dilanjutkan sampai hari kedua. Penambahan beban dilakukan apabila pada beban sebelumnya model yang telah diberi beban tidak lagi mengalami pergerakan atau penurunan. Skema pemodelan dan pembebanan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Tiang Dengan Polos (A), Kekasaran Full (B), dan (C), Kekasaran Spasi



Gambar 3. Skema Pemodelan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian Propertis Tanah

Pengujian propertis pada sampel tanah lunak ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah yang akan digunakan pada penelitian. Adapun hasil dari pengujian karakteristik tanah berdasarkan pengujian laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Propertis Tanah

Sifat dan karateristik Tanah	Hasil	Satuan
Kadar Air Rata - Rata	60,49	%
Berat Volume	2,39	
Kuat Geser *(Lapangan)*	8	kPa
Batas Cair (*LL*)	60,2	%
Batas Plastis (*PL*)	36,82	%
Indeks Plastisitas (*IP*)	23,48	%

Berdasarkan hasil pengujian sifat dan propertis tanah tersebut, tanah yang digunakan dalam penelitian ini menurut sistem *USCS* diklasifikasikan sebagai tanah Lanau Berplastisitas Tinggi atau MH

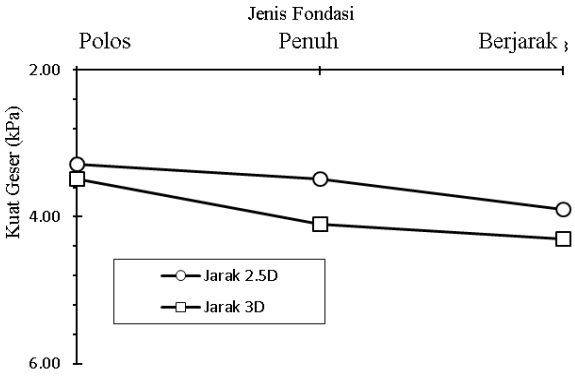
4.2 Kadar Air dan Kuat Geser Tanah

Sampel yang telah diuji dan diketahui sifat dan propertis dimasukan kedalam bak uji. Nilai kuat geser dan kadar air yang akan dipakai saat uji pembebanan telah mengalami perubahan saat uji coba pembebanan

Hasil pengujian kuat geser yang telah terkoreksi alat dan plastisitas serta pengujian kadar air selama pengujian pembebanan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 serta Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Geser Tanah

Jenis Tiang	Jenis Fondasi	Kuat Geser Terkoreksi (kPa)
4 Tiang 2,5 D	Polos	3,28
	Kekasaran Penuh	3,49
	Kekasaran Berjarak	3,90
4 Tiang 3 D	Polos	3,49
	Kekasaran Penuh	4,10
	Kekasaran Berjarak	4,31

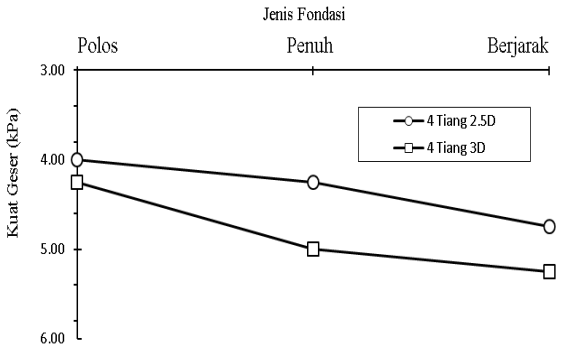


Gambar 4 Pengujian Kuat Geser Rata-Rata Selama Uji Beban

Hasil pengujian menunjukan nilai kuat geser mengalami kenaikan pada uji pembebanan

Tabel 3. Hasil Pengujian Kadar Air Selama Uji Beban

Jenis Tiang	Jenis Fondasi	Kadar Air Rata-Rata (%)
4 Tiang 2,5 D	Polos	91,82
	Kekasaran Penuh	90,85
	Kekasaran Berjarak	90,51
4 Tiang 3 D	Polos	90,38
	Kekasaran Penuh	88,93
	Kekasaran Berjarak	89,38

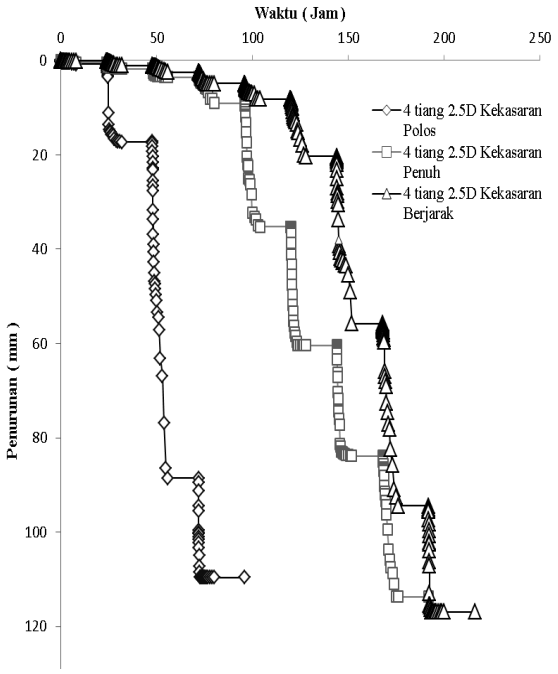


Gambar 5. Pengujian Kadar Air Selama Uji Beban

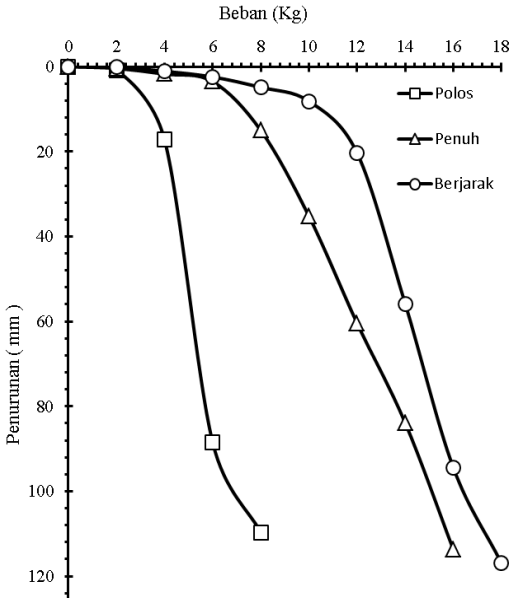
Selisih nilai kadar airnya 1,31 % untuk untuk kelompok tiang 4 dengan jarak antar tiang 2,5D dan 1,42 % untuk kelompok tiang 4 dengan jarak antar tiang 3D, diketahui penurunan kadar air yang terjadi tidak signifikan.

4.3 Analisis Pengaruh Kekasaran Fondasi

Data hasil pengujian pembebanan yang telah di dapat pada 3 sampel dianalisis untuk mencari daya dukung fondasi. Data tersebut diplot kedalam grafik waktu vs penurunan dan grafik beban vs penurunan, setelah itu grafik diolah menggunakan metode interprestasi untuk mendapatkan nilai daya dukungnya. Grafik hasil pengujian untuk variasi kekasaran polos, kekasaran penuh, dan kekasaran berjarak dapat dilihat pada Gambar 6. dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Waktu vs Penurunan untuk Variasi Kekasaran Fondasi Kelompok 4 Tiang Jarak 2,5D



Gambar 7. Grafik Beban vs Penurunan untuk Variasi Kekasaran Fondasi Kelompok 4 Tiang Jarak 2,5.

Berdasarkan grafik waktu vs penurunan Gambar 6 dan grafik beban vs penurunan Gambar 7, dapat dilihat pemberian modifikasi dengan menambah kekasaran permukaan fondasi dapat meningkatkan daya dukung fondasi. Variasi kekasaran juga mempengaruhi daya dukung fondasi, dari grafik juga dapat dilihat, daya dukung dengan variasi kekasaran berjarak lebih tinggi dibandingkan variasi kekasaran penuh.

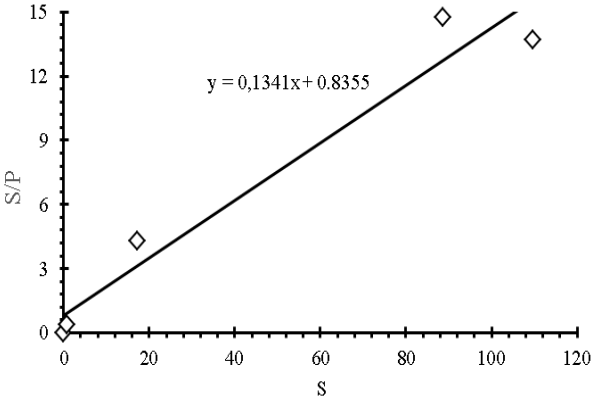
4.4 Interpretasi Data Metode *Chin*

Interpresatasi Metode *Chin* didapat dari nilai S/P vs S, contoh dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan S/P vs S Metode *Chin* Fondasi Kelompok 4 Tiang Jarak 2,5D

P	Polos		Penuh		Berjarak	
	S	S/P	S	S/P	S	S/P
0	0	0	0	0	0	0
2	0,8	0,4	0,42	0,21	0,1	0,05
4	17,24	4,31	1,74	0,435	1,07	0,268
6	88,55	14,758	3,5	0,583	2,42	0,403
8	109,66	13,708	15,02	1,878	4,86	0,608
10			35,22	3,522	8,13	0,813
12			60,42	5,035	20,3	1,692
14			83,87	5,991	55,82	3,987
16			113,7	7,106	94,41	5,901
18					116,89	6,494

Contoh perhitungan daya dukung dengan metode *Chin* fondasi 4 tiang jarak 2,5D pada fondasi dengan kekasaran polos dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Metode *Chin* untuk Fondasi Kelompok 4 Tiang Jarak 2,5D Kekasaran Polos

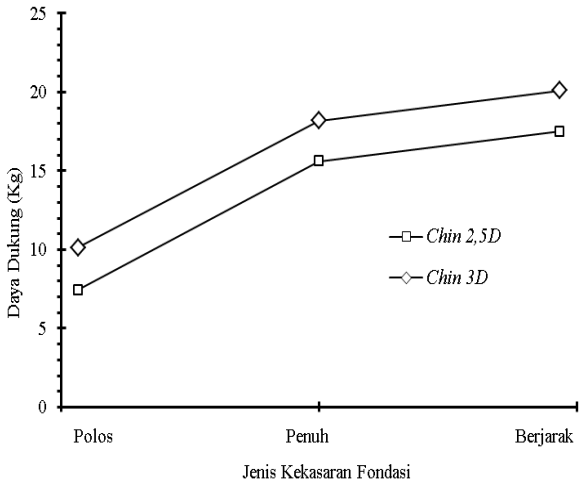
Didapat dari Gambar 8 setelah di plot nilai garis trendline sebesar 0,1341 sehingga diperoleh nilai Qult:

$$Q_{ult} = \frac{1}{0{,}1341} = 7{,}457\ Kg$$

Hasil perhitungan dan perbandingan daya dukung pada seluruh pengujian dapat dilihat pada Tabel 5. dan Gambar 9.

Tabel 5. Perbandingan Daya Dukung Fondasi Metode *Chin*

Jenis Tiang	Kekasaran Tiang	Daya Dukung dengan Metode Chin	
4 Tiang 2,5 D	Polos	7,45	Kg
	Penuh	15,6	Kg
	Berjarak	17,48	Kg
4 Tiang 3 D	Polos	10,14	Kg
	Penuh	18,18	Kg
	Berjarak	20,08	Kg



Gambar 9. Grafik Perbandingan Daya Dukung Metode *Chin*

`Berdasarkan Gambar 9 nilai daya dukung mengalami peningkatan setelah sampel diberi kekasaran. Kekasaran berjarak memiliki daya dukung terbesar yang diikuti oleh kekasasaran penuh.

Tabel 6. Persentase Kenaikan Daya Dukung Kekasaran Maksimum Metode *Chin*

Jenis Tiang	Daya Dukung Tiang Polos (Kg)	Daya Dukung Kekasaran Masimum (Kg)	Persentase Kenaikan (%)
4 Tiang 2,5 D	7,45	17,48	134,63
4 Tiang 3 D	10,14	20,08	98,03

Penambahan jarak dan kekasaran dapat meningkatkan daya dukung yang dapat dilihat pada Tabel 5. Pada Tabel 6. diketahui kenaikan persentase tertinggi terjadi pada kelompok tiang 2,5D yaitu 134,63% dan terendah pada kelompok tiang 3D yaitu 98,03%. Kenaikan persentase berbeda dapat dikarenakan perbedaan kadar air dan kuat geser tanah pada saat pengujian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Fondasi kelompok 4 tiang yang memiliki kekasaran berjarak menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan fondasi kelompok 4 tiang yang memiliki kekasaran penuh, dapat dilihat dari hasil pengujian dan perhitungan.
2. Fondasi kelompok 4 tiang dengan jarak antar tiang 2,5 kali diameter tiang memiliki daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan kelompok 4 tiang dengan jarak antar tiang 3 kali diameter tiang.
3. Penambahan kekasaran pada permukaan fondasi tiang meningkatkan daya dukung fondasi tiang, terutama pada tanah lunak.

5.2 Saran

1. Pengujian dapat dilakukan dengan skala pemodelan lebih kecil, agar mudah dalam mengontrol kondisi sampel tanah, dan mempersingkat waktu pengujian. Pengujian dengan jenis atau variasi yang sama dapat diuji secara bersamaan
2. Pemodelan dapat dicoba dengan variasi lain, jumlah tiang dan kekasaran permukaan lainnya dan bisa juga dikombinasi dengan variasi jarak antar tiang.
3. Pengujian pembebanan dengan metode lain selain metode *Static Loading Test.*

VI. DAFTAR PUSTAKA

ASTM D4318. (1992). In *Test Method forLiquid Limit, Plastic Limit, and Plastycity Index of Soil.* United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec, volume 04 08 Easten MD.

ASTM D1143-81. (1989). In *Standard Test Method For Piles Under Static Axial Compressive Load.* United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec4.

ASTM D2573-01. (2001). In *Standard Test Method for Field Vane Shear Test in Cohessive Soil.* United States of America: Annual Book Book of ASTM Standards sec 4.

ASTM D7928. (2017). In *Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis.* PA: West Conshohocken.

ASTM D854. (2000). In *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.* United States of America: Annual Book Book of ASTM.

Bowles, J. E. (1991). *Analisis dan Desain Fondasi Jilid I.* Jakarta: Erlangga.

Chin, F. K. (1970). *Estimation of the Ultimet Load of Piles not Carried to Failure.* Singapore: pp 81-90.

Sardjono, H. (1991). *Fondasi Tiang Pancang Jilid I.* Surabaya: Sinar Wijaya.