ANALISIS PENGARUH JARAK PELAT HELICAL TERHADAP DAYA DUKUNG TEKAN HELICAL PILE PADA TANAH GAMBUT

Ralan Ditra[1)], Ferry Fatnanta [2)], Muhardi[3)]

[1)]Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, [2)3)]Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293
E-mail : ralandiyt@gmail.com

ABSTRACT

Helical piles are a type of foundation that come with helical plate in certain number and space. The research will present the results of loading test using constant rate penetration method conducted on peat soil. Data obtained from the test are load and settlement which then interpreted using both terzaghi and method and tangent intersection method. The result shows no proportional correlation between the load capacity of helical pile with similar diameter and the increase of helical plate distance. The bearing capacity of helical pile is influenced by the ratio between the space and the diameter of the plate. The aforementioned load tests are compared with the result of bearing capacity calculation using individual bearing and cylindrical shear method. It is obtained from the result that the bearing capacity of helical foundation is closer to the behaviour of bearing capacity obtained from cylindrical shear method with 0.633 standard of error while the bearing capacity of individual bearing method is close to the result of standard load test with .637 standard of error.

Keyword : helical foundation, peat soil, individual bearing, cylindrical shear.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kondisi tanah gambut yang mempunyai karakteristik berbeda dibandingkan dengan tanah lempung membuat para *engineer* perlu menentukan metode perbaikan atau rancangan pondasi yang tepat dan efisien. Pada umumnya di Indonesia para pekerja kontruksi menggunakan cerucuk untuk meningkatkan daya dukung atau sebagai pondasi suatu struktur pada tanah gambut. Cerucuk adalah metode yang murah dan mudah, namun mempunyai efek samping terhadap kerusakan lingkungan, karena harus menebang kayu untuk dijadikan sebagai kayu cerucuk. Maka salah satu alternatif konstruksi yang dapat digunakan untuk menggantikan cerucuk adalah penggunaan pondasi tiang *helical*.

Andina Sprince (2010) melakukan pengujian mengenai perilaku pondasi *helical* dan mekanisme transfer beban pondasi *helical* untuk berbagai jenis tanah, yaitu : pasir halus, lempung lunak, lempung berpasir, dan lempung keras. Penggunaan pondasi *helical* pada tanah gambut masih termasuk metode yang jarang digunakan, sehingga perlu diadakan penelitian dengan tujuan mengetahui kapasitas daya dukung pondasi *helical* terhadap tanah gambut. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam kemajuan teknik sipil dan kontruksi di Indonesia dengan memberikan solusi dalam pendesainan pondasi untuk tanah gambut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Gambut

Tanah gambut atau lebih dikenal dengan nama *Peat Soil* adalah tanah yang mempunyai kandungan organik cukup tinggi dan pada umumnya terbentuk dari campuran fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang telah berubah sifatnya menjadi fosil. Menurut Van de Meene (1982) tanah gambut terbentuk sebagai hasil proses penumpukan sisa tumbuhan rawa seperti berbagai macam jenis rumput, paku-pakuan, bakau, pandan, pinang, serta tumbuhan rawa lainnya.

Klasifikasi Tanah Gambut

Sistem klasifikasi tanah gambut yang selama ini dikenal didasarkan pada jenis tumbuhan pembentuk seratnya. Menurut USSR System (1982) dalam Noor E. 1997, tanah organik diklasifikasikan sebagai tanah gambut apabila kandungan organiknya 50 % atau lebih.

Helical Pile

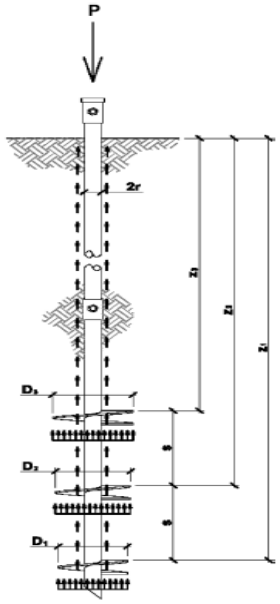
Pondasi tiang *helical* adalah pondasi tiang yang terbuat dari baja fabrikasi yang terdiri dari satu atau lebih plat *helical* yang di instalasi dengan cara memutar pondasi tersebut kedalam tanah (Willis, 2009). Pondasi *helical* ditemukan oleh seorang penemu Inggris bernama Alexander Mitchell pada tahun 1833. Saat itu pondasi *helical* digunakan untuk mendukung bangunan ringan di area sekitar sungai (Sprince, 2010).

Kapasitas Dukung Pondasi Tiang *Helical*

Ada 2 metode yang sering digunakan untuk menentukan daya dukung *helical pile*. Metode tersebut adalah *individual bearing* dan *cylindrical shear*.

Individual Bearing Method

Individual bearing method mengasumsikan daya dukung *helical pile* terdiri dari daya dukung tanah di bawah masing – masing pelat *helical* yang terdistribusi secara seragam ditambah dengan adhesi (*friction*) antara kulit tiang *helical* dengan tanah. Gambar 1 menjelaskan mekanisme daya dukung *helical* menurut metode *individual bearing*.



Gambar 1 mekanisme daya dukung *helical* menurut *individual plate bearing*

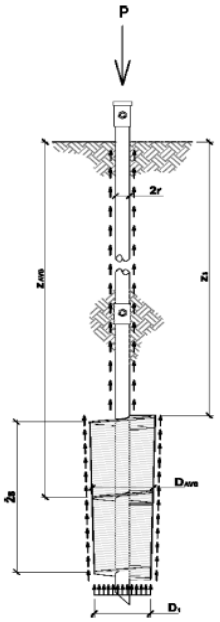
Berdasarkan asumsi tersebut maka dapat dibuat suatu persamaan daya dukung *helical* berdasarkan metode *individual bearing*.

$$Pu = \sum_{n} q_{ultn} \cdot A_n + \alpha H(\pi d)$$

Cylindrical Shear Method

Di dalam metode *cylindrical shear*, seluruh volume tanah di antara pelat *helical* termobilisasi menjadi satu – kesatuan menjadi bentuk slinder. Pada metode ini daya dukung merupakan penjumlahan antara daya dukung pelat *helical* bagian paling bawah, total kuat geser yang terbentuk oleh slinder tanah

dengan tanah, dan adhesi antara kulit tiang dengan tanah. Gambar 2 menunjukkan mekanisme daya dukung *helical pile* berdasarkan metode *cylindrical shear*.



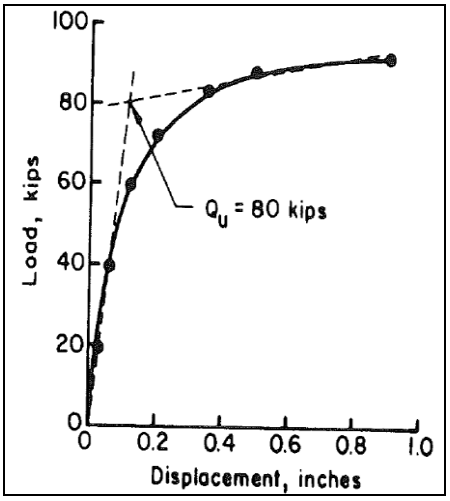
Gambar 2 mekanisme daya dukung *cylindrical shear*

Mooney et al (1985) dan Rao et al (1991) mengusulkan persamaan di bawah ini untuk menghitung kapasitas dukung pondasi tiang helical pada tanah kohesif

$$Pu = q_{ult1} \cdot A_1 + T(n-1)s\pi D_{avg} + \alpha H(\pi d)$$

Tangent Intersection Method

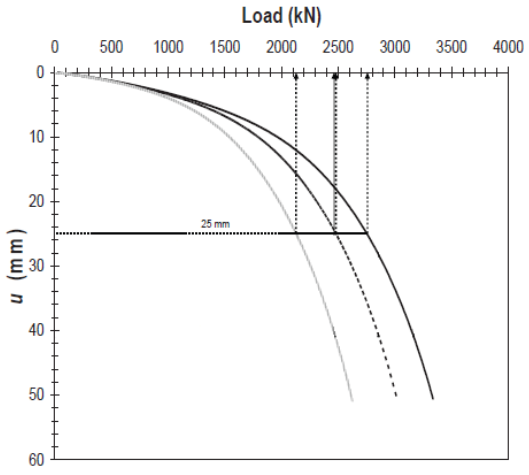
Metode ini diperkenal oleh Trautmann and Kulhawy pada tahun 1988. *Tangent intersection method* bukan hanya digunakan untuk mendapatkan daya dukung *ultimate* tekan, tetapi juga daya dukung *ultimate* tarik. Trautmann and Kulhawy memanfaatkan grafik original beban vs penurunan yang mempunyai karakteristik yaitu pada awal pengujian grafik akan menunjukkan peningkatan beban yang besar dan pergerakan pondasi yang kecil. Gambar 3 menunjukkan cara untuk menentukan daya dukung ultimate menggunakan *tangent intersection method*.



Gambar 3 *tangent intersection method* pada pondasi dangkal

Terzaghi and Peck Method

Metode *Terzaghi and Peck* (1967) adalah metode penentuan daya dukung yang umumnya digunakan pada pondasi dangkal. Metode ini telah banyak digunakan, tetapi merupakan akumulasi dari pengamatan langsung di lapangan (Bowles, 1996). Menurut Terzaghi dan Peck, pondasi persegi dan menerus dengan lebar yang sama menunjukkan perilaku penurunan yang sama untuk intensitas beban dan tanah yang sama. Gambar 4 menjelaskan bahwa metode ini merupakan metode penentuan daya dukung ultimit berdasarkan beban yang sesuai dengan penurunan 25 mm (Q_{25}).



Gambar 4 interpretasi daya dukung ultimit dengan metode *terzaghi and peck*

III. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil UR. Pengambilan sampel tanah gambut di daerah Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar. Pemodelan dilakukan di area kampus Fakultas Teknik Univesitas Riau.

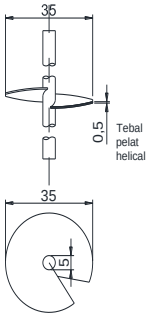
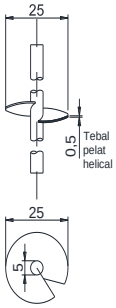
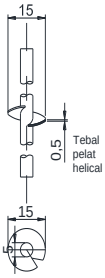
.

Gambar 5 lokasi penelitian

Penamaan Pondasi Helical

Panjang pondasi helical mencapai 2 m dan masing – masing pondasi diberikan kode berdasarkan lebar, jumlah, dan spasi pelat *helical*. Apabila ada pondasi *helical* yang mempunyai kode LMS spasi 20 , maka artinya adalah pondasi tersebut memakai 3 buat pelat *helical* dengan lebar pelat *helical* dari atas yaitu : L (*large*) = 35 cm, M (*medium*) = 25 cm, S (*small*) = 15 cm dan spasi tiap pelat 20 cm seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1. Khusus pada penelitian mengenai perilaku pengaruh jarak pelat *helical* terhadap daya dukung pondasi *helical* pada tanah gambut digunakan pondasi helical sebanyak 9 tipe dengan variasi yang berbeda. Tipe helical yaitu : 2L 20 , 2L 30 , 2L 50 , LMS 20 , LMS 30 , LMS 50 , LM 20 , LM 30 , LM 50.

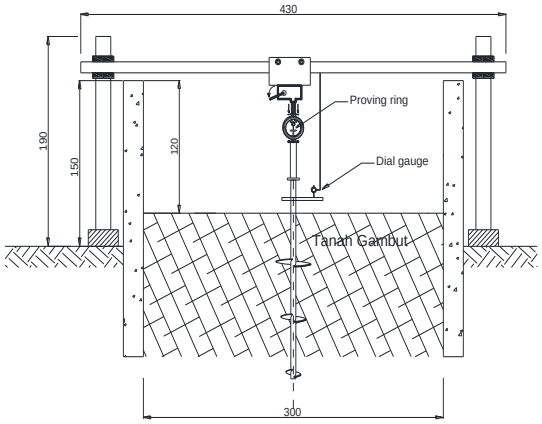
Tabel 1 Penamaan pelat *helical*

Sketsa Pelat Helical			
Kode	L (Large dia. 35 cm)	M (Medium dia. 25 cm)	S (Small dia.15 cm)

Prosedur penelitian

1. Melakukan serangkaian pengujian karakteristik tanah gambut meliputi : pengujian kadar air, *specific gravity*, kadar serat, berat volume, dan kadar abu. Tanah gambut diambil dengan menggunakan *hand bore*, *auger*, dan tabung sampel lalu diuji di laboratorium.

2. Menanam pondasi ke dalam bak secara tegak lurus (90^0) dengan kedalaman 150 cm. Setelah 24 jam tertanam, tanah digambut diuji vane shear untuk mengetahui nilai tegangan geser (Su). Lalu memasang rangkaian alat pengujian daya dukung seperti *mechanical jack*, *proving ring*, dan *dial gauge*. Semua alat dipasang satu - kesatuan dan terhubung dengan pondasi *helical*, kemudian *mechanical jack* dijalankan sehingga piston menekan tiang ke dalam tanah. Kemudian hasil pembebanan statis tersebut diolah dengan menggunakan *tangent intersection method* dan *terzaghi and peck method* untuk mendapatkan daya dukung ultimate dari pondasi *helical* pada tanah gambut. Gambar 6 menunjukkan rangkaian alat pemodelan.



Gambar 6 Rangkaian alat pemodelan

3. Melakukan analisa daya dukung teoritis dengan menggunakan metode *individual bearing* dan *cylindrical shear*. Data yang dibutuhkan untuk analisa teoritis yaitu : dimensi tiang beserta helical dan nilai tegangan geser (Su) yang didapat melalui uji vane shear pada setiap awal pengujian daya dukung di lapangan.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tanah Gambut dan Propertis Tanah

Sifat fisik dan propertis tanah gambut diuji terlebih dahulu di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Pengujian karakteristik tanah di laboratorium seperti menentukan kadar air, berat volume, *specific gravity* (Gs), kadar abu, dan kadar serat. Sampel tanah gambut diambil pada kedalaman 50 – 100 cm dan 100 – 150 cm. Hasil pengujian sifat fisik dan propertis tanah gambut yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

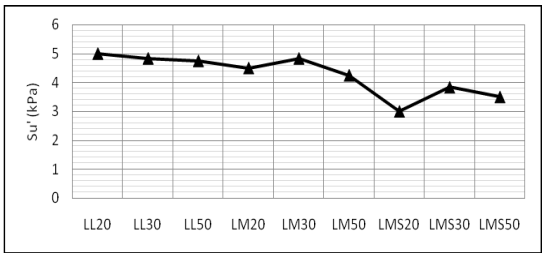
Tabel 2 Hasil pengujian sifat fisik tanah gambut

Karakteristik Tanah Gambut			Satuan	Hasil per Kedalaman	
				50 - 100 cm	100 - 150 cm
	Kadar air rerata (w)	w	%	190,949	236,837
	Berat Volume basah	γ_{wet}	gr/cm3	0,794	0,795
	Berat Volume kering	γ_{dry}	gr/cm3	0,273	0,236
	Specific Gravity	Gs	-	1,355	1,480
	Kadar Abu		%	35,544	54,463
	Kadar Serat		%	5,281	6,114

Seperti yang di lampirkan pada Tabel 2 terlihat bahwa gambut yang diteliti dapat diklasifikasikan sebagai *sapric peat* berdasarkan ASTM D4427-84 (1989) karena memiliki kadar serat < 33% dan sebagai *High Ash-peat* (tanah gambut dengan kadar abu tinggi) menurut ASTM D4427-84 (1989) karena mengandung kadar abu > 15 %

Kuat Geser Tanah

Nilai kuat geser tanah ditentukan dengan melakukan pengujian *field vane shear*. Pengujian kuat geser tanah dilakukan sebelum pengujian beban aksial tekan pondasi. Pengujian *vane shear* dilakukan pada kedalaman 50, 100, dan 150 cm.

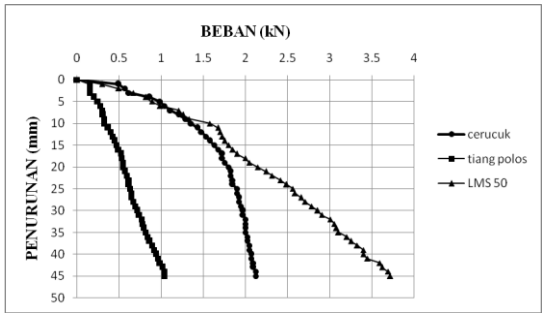


Gambar 7 Kuat geser tanah terkoreksi

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian *field vane shear*, nilai Cu terkoreksi yang didapatkan tidak saling berbeda jauh atau relatif sama, yaitu berkisar antara 3 sampai 5 kPa. Rata – rata nilai Cu terkoreksi adalah 4,28 kPa.

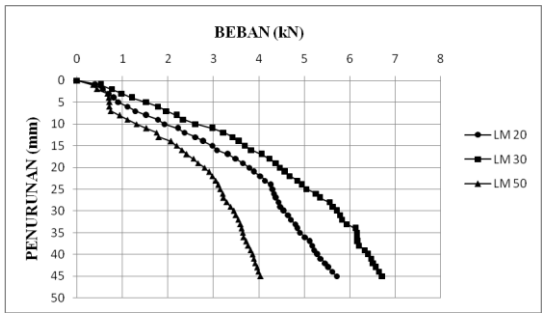
Analisa Kurva Hubungan Beban vs Penurunan

Pengujian pemodelan pondasi menghasilkan kurva hubungan antara beban vs penurunan. Kurva beban vs penurunan dapat menunjukkan perilaku dan karakteristik kekuatan daya dukung suatu pondasi. Salah satu perilaku yang dapat terlihat adalah dominasi kekuatan daya dukung *end bearing* atau *skin friction* dalam memikul beban. Gambar 8 menunjukkan bentuk kurva beban vs penurunan untuk pondasi *helical*, cerucuk, dan tiang polos.



Gambar 8 Kurva beban vs penurunan pondasi *helical*, cerucuk, dan tiang polos

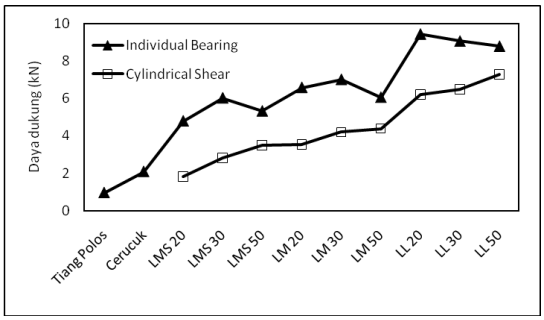
Kurva beban vs penurunan pondasi *helical* tipe LMS 50 menunjukkan beban lebih besar dibandingkan pondasi cerucuk pada penurunan yang sama. Berdasarkan ukuran, pondasi LMS 50 mempunyai 3 buah pelat *helical* dengan diameter pelat atas 35 cm, pelat tengah 25 cm, dan pelat bawah 15 cm, dan spasi pelat 50 cm. Pondasi cerucuk memiliki diameter 10.38 cm. Penanaman pondasi *helical* dan cerucuk dilakukan pada kedalaman yang sama yaitu 150 cm. Namun dari hasil pengujian beban aksial tekan, pondasi LMS 50 menghasilkan beban lebih besar daripada pondasi cerucuk. Jadi dapat disimpulkan bahwa pondasi *helical* dapat menggantikan pondasi cerucuk sebagai pendukung struktur di atas tanah gambut. Gambar 9 memperlihatkan grafik beban vs penurunan untuk pondasi *helical* tipe LM.



Gambar 9 Kurva beban vs penurunan pondasi *helical* LM 20, LM 30, dan LM 50

Perhitungan Kapasitas Aksial Pondasi *Helical* Secara Teoritis

Analisa kapasitas aksial pondasi *helical* secara teoritis dikerjakan dengan menggunakan 2 metode, yaitu *individual bearing* dan *cylindirical shear*. Gambar 9 menampilkan grafik hasil perhitungan kapasitas aksial untuk setiap pondasi yang diuji pada penelitian ini.

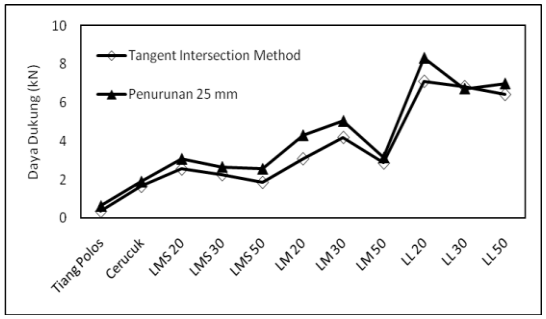


Gambar 10 Grafik daya dukung tekan pondasi secara teoritis

Gambar 10 menjelaskan metode *individual bearing* menghasilkan daya dukung tekan lebih besar dibandingkan metode *cylindrical shear*. Selisih perbedaan daya dukung metode *individual bearing* dan *cylindrical shear* berkisar antara 1.5 sampai 3.2 kN. Hal ini bisa dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam mendesain kapasitas daya dukung pondasi *helical.* Para *engineer* harus memberikan perhatian dalam menentukan kapasitas daya dukung tekan paling aman dari dua metode ini.

Perhitungan Kapasitas Aksial Pondasi Helical Berdasarkan Hasil Pengujian

Metode interpretasi daya dukung *ultimate* yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *tangent intersection* dan penurunan 25 mm (*terzaghi and peck*).

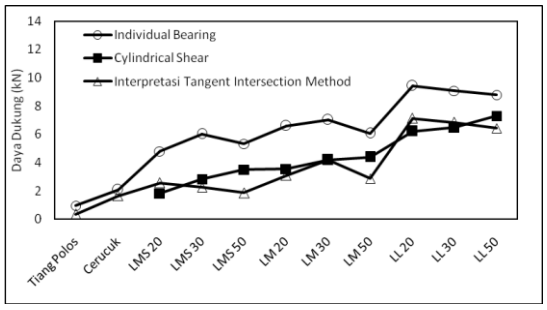


Gambar 11 Daya dukung *ultimate* hasil pengujian beban aksial tekan

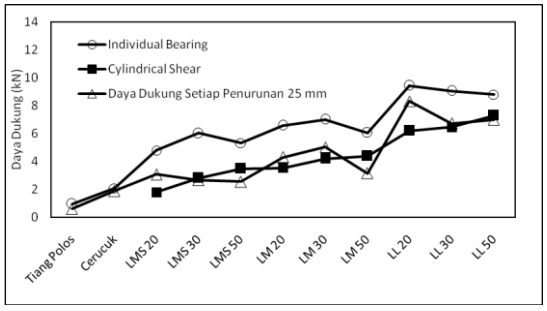
Gambar 11 menjelaskan daya dukung yang lebih besar dihasilkan oleh metode *terzaghi and peck*.

Analisa Daya Dukung *Ultimate* Antara Teoritis dan Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan telah didapatkan daya dukung *ultimate* pondasi *helical* terhadap tanah gambut. Gambar 12 dan 13 memperlihatkan grafik daya dukung *ultimate* untuk semua tipe pondasi.



Gambar 12 Daya dukung *ultimate* teoritis dan *tangent intersection method*



Gambar 13 Daya dukung *ultimate* teoritis dan *terzaghi and peck method*

Dari grafik tersebut terlihat bahwa kapasitas daya dukung tekan pondasi *helical* hasil pengujian lebih mendekati metode *cylindrical shear* dibandingkan *individual bearing*. Untuk metode *tangent intersection*, daya dukung hasil metode *individual bearing* lebih besar dari hasil pengujian dengan standar *error* 0.637. Metode *cylindrical shear* mendekati daya dukung hasil pengujian dengan standar *error* 0.633. Untuk metode *terzaghi and peck*, metode *individual bearing* lebih besar dari hasil pengujian dengan standar *error* 0.636. Sedangkan metode *cylindrical shear* lebih mendekati daya dukung hasil pengujian dengan standar *error* 0.635.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kurva hubungan beban vs penurunan pondasi *helical*, cerucuk, dan tiang polos didominasi oleh kekuatan daya dukung *end bearing.*

2. Kedua Metode daya dukung *cylindrical shear* menghasilkan daya dukung lebih kecil dibandingkan metode *individual bearing.*

3. Ketiga Pondasi *helical* LMS, LM, dan LL mempunyai kapasitas daya dukung lebih besar dibandingkan cerucuk berdiameter 10.30 cm. Hal ini menjelaskan, bahwa cerucuk dapat digantikan oleh pondasi *helical* sebagai pendukung struktur pada tanah gambut.

4. Keempat Kapasitas daya dukung pondasi *helical* dipengaruhi oleh jarak pelat *helical*. Jarak efektif untuk pondasi helical dengan diameter L (35 cm), M (25 cm), dan S (15 cm) adalah antara 20 sampai 30 cm. Perilaku ini berlaku pada setiap tipe pondasi.

5. Kelima Daya dukung *ultimate* pondasi *helical* LMS, LM, dan LL lebih mendekati perilaku daya dukung *cylindrical shear* dibandingkan *individual bearing*.

Saran

1. Untuk pemberian beban aksial pada pondasi dengan metode CRP, sebaiknya rangka portal dipasang pengaku agar tidak mengalami goyangan saat pengujian.

2. Ketebalan tanah pada bak pemodelan, sebaiknya diisi minimal ½ dari tinggi dinding bak yang sekarang. Hal ini bertujuan untuk lebih mendekatkan model pondasi pada piston *mechanical jack*, sehingga ketika pondasi diberikan beban aksial tidak akan mengalami kemiringan.

DAFTAR PUSTAKA

Meene, V. D., 1984. *Geological Aspects of Peat Formation In The Indonesian-Malayasin Lowlands.* Bulletin Geological Research of Development Centre, 9, 20-31.

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.

Noor, E. M., 1997, *Perbedaan Perilaku Teknis Tanah Lempung dan Tanah Gambut (Peat Soil)*, Jurnal Geoteknik, III, Bandung.

Rao, S.N., Prasad, y. v. s. n. & Shetty, M.D., 1991. *The Behaviour of Model Screw Piles In Cohesive Soils*. SOILS AND FOUNDATION, 31(2), pp.35–50.

Sprince, A. and Pakrastinah, L., 2009. *Helical Pile Behaviour And Load Transfer Mechanism In Different Soils*. Journal of Riga Technical University, vol. 10, No. 10: 121 – 130.

Terzaghi, K. And Peck, R.B., 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice.* New York: John Wiley & Sons.

Trautmann and Kulhawy. 1988. *Uplift Load – Displacement Behaviour of Spread Foundations*. Journal Of Gecotechnical Engineering, vol. 114, No.2: 168 – 183.

Willis, D., 2009. *How to Design Helical Piles per the 2009 International Building Code*. In The International Building Code (IBC). RAM JACK FOUNDATION SOLUTIONS.