

# PENGARUH JUMLAH PLAT HELICAL TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI TIANG HELICAL PADA TANAH GAMBUT

Parlan<sup>1)</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2)</sup>, Muhardi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, <sup>2)3)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

E-mail : Parlansay@gmail.com

## ABSTRACT

*Helical Pile A manufactured steel foundation consisting of one or more helix-shaped bearing plates affixed to a central shaft that is rotated into the ground to support structures. At this research will be presented result of static loading test constan rate penetration method (CRP) helical pile conducted at peat. Result of data from loading test in the form of load and degradation interpretation with tangen of intersection method. addition sum up the same plate helical diameter will improve the capacities support helical pile. But if plate helical most under smaller hence addition sum up the plate helical do not have an effect on the signifikan to Qultimate the helical pile though plate helical for bigger. Result of the encumbering attempt compared to by result of energy calculation support the helical pile use the method of Individuial plate bearing and cylinder shear. From comparison result known that by Qultimate the method of cylinder shear more coming near result of burden test with the standard error 2,37 while ,Qultimate the individuial method of plate bearing come near result of burden test with the standard error 4,38.*

*Key words : helical pile, peat, individual plate bearing, cylinder shear*

## I. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki lahan gambut yang luas di dunia. Luas lahan gambut Indonesia di duga antara 17 juta hingga 27 juta hektar (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004). Daerah – daerah Indonesia yang ditutupi oleh deposit gambut mencakup Sumatra bagian utara dan timur, Kalimantan, dan Irian jaya. Luas area tanah gambut yang cukup besar merupakan suatu kendala dalam pengembangan infrastruktur Suatu wilayah. Hal ini disebabkan tanah gambut merupakan tanah sangat lunak (*very soft soil*) dengan daya dukung yang sangat rendah dan mempunyai sifat mudah mampat jika terdapat beban yang bekerja di atasnya

Tanah gambut mempunyai sifat yang kurang menguntungkan bagi konstruksi bangunan sipil, sehingga diperlukan Suatu metode konstruksi yang dapat menambah kekuatan dukung tanah gambut. Pada umumnya di Indonesia apabila ingin membangun Suatu kontruksi bangunan 1-2 lantai di atas tanah gambut digunakan cerocok dengan diameter 10-20 cm dan panjang 3-4 meter. Namun, material cerocok sendiri makin lama makin susah didapat, maka diperlukan alternatif yang lain (Nugroho, 2011). Salah satu alternatif konstruksi yang dapat digunakan untuk menggantikan cerocok adalah penggunaan pondasi tiang *helical* (Alexander mitchell, 1833).

Kompleksitas permasalahan pada tanah gambut dan keunikan mekanisme perilaku pemindahan beban pondasi tiang

*helical* menciptakan keraguan bagi *engineer* dalam memperidiksi kapasitas dukung pondasi tiang *helical* pada tanah gambut, sehingga penulis merasa perlu untuk melakukan penelitian pondasi tiang *helical* pada tanah gambut.

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui penambahan daya dukung pondasi tiang *helical* dari variasi jumlah *helical* dan Mengetahui perbandingan daya dukung cerocok dengan daya dukung pondasi tiang *helical* pada tanah gambut

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif pondasi pada tanah gambut, yang selama ini menggunakan pondasi cerocok

## II. TINJAUAN PUSTAKA Tanah Gambut

Menurut ASTM D2607-69 (1989) istilah tanah gambut hanya berhubungan dengan bahan organik yang berasal dari proses geologi selain batu bara. Terbentuknya dari tumbuhan yang sudah mati, berada dalam air dan hampir tidak ada udara. Didalam nya terjadi rawa-rawa dan mempunyai kadar abu tidak lebih dari 25% dari berat keringnya. secara visual terlihat sebagai massa berserat mengandung kayu, biasanya berwarna gelap dan berbau tumbuhan yang membusuk.

### Sifat fisik tanah gambut

Parameter tanah yang penting untuk menentukan sifat fisik tanah gambut di antaranya berat volume, specific gravity, kadar air, angka pori, kadar abu dan kadar serat. Pada tanah gambut tidak diperlukan uji batas cair dan plastisitas mengingat tanah gambut tidak memiliki sifat plastis.

### Kekuatan Geser Tanah Gambut

Kuat geser merupakan salah satu parameter penting dalam ilmu geoteknik. Parameter kuat geser pada gambut berhubungan erat dengan sifat fisik dan asal pembentukan gambut. Nilai kuat geser adalah batasan dari kekuatan gambut terhadap beban yang bekerja dan jika nilai parameter tersebut terlampaui sebagai akibat beban yang bekerja atau peristiwa mekanika tanah lain, maka dapat dipastikan akan terjadi kegagalan gambut terhadap daya dukung atau stabilitas.

## Pondasi Tiang *Helical*

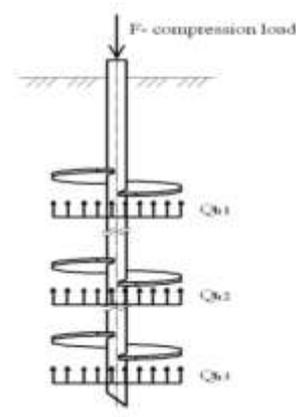
Menurut Dirgahayu (1999) “*Idle time* Pondasi tiang *helical* adalah pondasi tiang yang terbuat dari baja fabrikasi yang terdiri dari satu atau lebih plat *helical* yang di instalasi dengan cara memutar pondasi tersebut kedalam tanah (Willis, 2009). Pondasi tiang *helical* telah digunakan lebih dari 170 tahun yang lalu. Pondasi tiang *helical* digunakan pertama kali oleh Insiyur kebangsaan Irlandia Alexander Mitchell (1833) di Inggris . Ia merancang pondasi untuk membangun mercusuar (*Thames Estuary*) untuk mendukung bangunan di daerah pasang Surut.

## Kapasitas Dukung Pondasi Tiang *Helical*

Ada 2 metode yang sering digunakan untuk design dan analisis pondasi tiang *helical* yaitu metode helix individual (*individual plat bearing method*) dan metode geser silinder (*cylindrical shear method*).

### *Individual Plate Bearing Method*

Teori ini menyebutkan bahwa kegagalan terjadi saat beban yang diberikan sama besar dengan penjumlahan daya dukung dari tiap helicalnya. Dengan kata lain pada metode *individual plat bearing* kegagalan pembebanan di asumsikan terjadi pada masing – masing plat helical seperti yang ditunjukkan Gambar 1



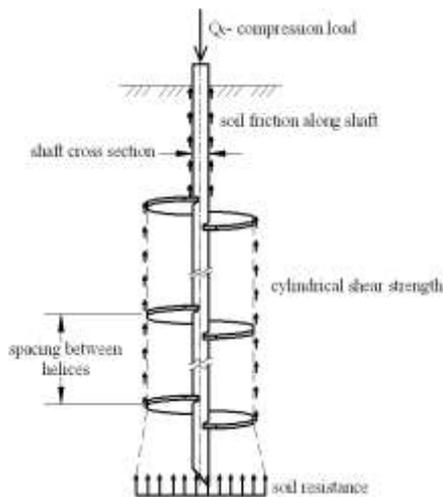
Gambar 1 mekanisme pembebanan *individual plate bearing*

secara umum rumus metode *individual plat bearing* pada tanah kohesif dapat di tulis sebagai berikut

$$Q_{ult} = \sum Ah(C_u \cdot N_c + q \cdot N_q) + C_u \cdot \alpha \cdot H_{eff} \cdot \pi \cdot d$$

### Cylindrical Shear Method

Teori ini menyebutkan bahwa kegagalan terjadi saat beban yang diberikan sama besar dengan penjumlahan daya dukung *helical* paling bawah dan hambatan lengketan dari silinder tanah yang berdiameter sama dengan diameter rata-rata *helical* dari *helical* yang paling atas ke yang bawah seperti yang ditunjukkan Gambar 2



Gambar 2 mekanisme pembebanan *cylinder 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

$$Q_{ult} = Q_{helix} + Q_{bearing} + Q_{shaft}$$

$$Q_{helix} = Sf \cdot (\pi \cdot Da \cdot Lc) \cdot Cu$$

$$Q_{bearing} = Ah \cdot Cu \cdot Nc$$

$$Q_{shaft} = \pi \cdot d \cdot H_{eff} \cdot \alpha \cdot Su$$

Dimana  $Q_{ult}$  adalah daya dukung batas, Kn,  $Q_{helix}$  Tahanan Geser Sepanjang Permukaan Tiang Helical (kn),  $Q_{bearing}$  adalah Tahanan Ujung Pada Helical Paling Bawah (kn),  $\Sigma Ah$  = Jumlah Luasan Plat Helix (m<sup>2</sup>),  $Cu$  = Kohesi Tanah (kN/m<sup>2</sup>),  $Nc$  = Faktor Kohesi Tanah,  $q$  = tekanan overbuden efektif (kN/m<sup>2</sup>),  $Nq$  = faktor daya dukung tanah,  $H_{eff}$  = panjang tiang efektif,  $d$  = diameter tiang

### III. METODOLOGI PENELITIAN

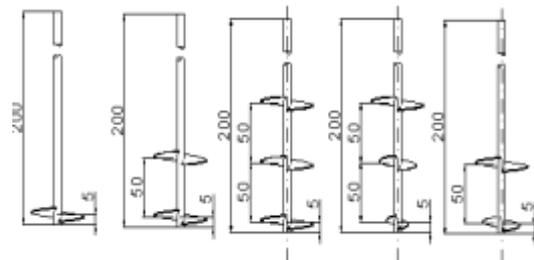
#### Lokasi penelitian

Pengujian dilakukan di lingkungan fakultas teknik Universitas Riau. Untuk memudahkan pengujian dibuat kolam penelitian berukuran 5 m x 2,5 m x 1,8 m. Kolam pengujian diisi

tanah gambut yang diambil dari daerah Rimbo Panjang, kec. Tambang, Kab Kampar

### Geometri Pondasi

Dalam penelitian ini pondasi tiang *helical* yang digunakan terbuat dari baja dengan bentuk silinder berdiameter 6 cm terbuat dari pipa galvanis, dengan jarak antara *helical* 50 cm. Untuk pondasi tiang *helical* yang diameter *helical* nya seragam digunakan *helical* dengan diameter 35 cm (L). Sedangkan untuk pondasi tiang *helical* membesar keatas dipakai pondasi tiang dengan diameter *helical* 15 cm (S), 25 cm (M), 35 cm (L). Pada sisi luar plat *helical* di pertajam untuk memudahkan masuknya pondasi ke dalam tanah, dan setiap pondasi tiang *helical* di uji sebanyak 2 kali pengujian. Untuk lebih jelasnya geometri pondasi tiang *helical* ditampilkan pada Gambar 3



Gambar 3 Geometri pondasi *helical*

### IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN Sifat Fisik Tanah Gambut

Sifat fisik tanah yang akan digunakan dalam penelitian ini diuji terlebih dahulu di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Sampel diambil pada 2 titik dalam area kolam pengujian. Sampel diambil pada kedalaman 50 cm – 100 cm dan 100 cm – 150 cm. Hasil pengujian sifat fisik tanah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 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	$\gamma_{wet}$	gr/cm <sup>3</sup>	0,794	0,795
Berat Volume kering	$\gamma_{dry}$	gr/cm <sup>3</sup>	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 1 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

Pengujian kuat geser tanah dilakukan setiap sebelum dilakukannya pengujian pembebanan terhadap pondasi tiang helical dengan menggunakan alat *vane shear*. Uji kuat geser tanah diperlukan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang helical secara analitis. Pengujian kuat geser dilakukan setiap sebelum dilakukan uji beban terhadap pondasi tiang helical. Uji kuat geser dilakukan pada 3 kedalaman yaitu 50 cm, 100 cm dan 150 cm. Hasil pengujian kuat geser ditampilkan pada tabel 2

**Tabel 2 Pengujian Vane Shear lapangan**

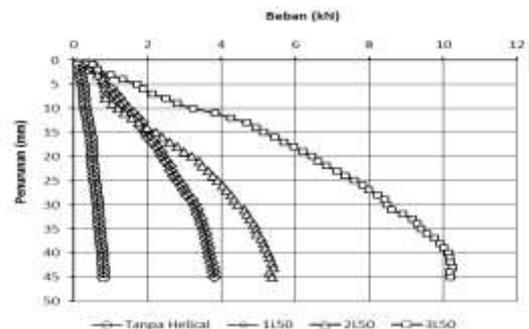
Nama pondasi	Kuat geser (Su), kPa		
	Cu bacaan Alat VSL	Cu koreksi alat VSL	Cu koreksi terhadap gambut
3 L50	20	10	5
2 L50	18,32	9,16	4,58
L50	16,68	8,34	4,17
LM50	14	7	3,50
LM50	17	8,5	4,25
Tanpa helik	18,68	9,34	4,67
cerocok	21	10,5	5,25

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian *field vane shear*, nilai Cu terkoreksi yang didapatkan tidak saling berbeda jauh atau relatif sama, yaitu berkisar antara 3.50 sampai 5.48 kPa. Rata – rata nilai Cu terkoreksi adalah 4,49 kPa. Hasil pengujian menunjukan bahwa jenis lapisan tanah kolam pengujian termasuk kategori konsistensi tanah sangat lunak (*very soft soil*)

### Hasil Pengujian tiang tanpa helical dan Variasi Jumlah Plat Helical Diameter Sama

Gambar 4 menampilkan grafik hubungan beban- penurunan variasi jumlah plat helical diameter yang sama. Dari data pengujian yang di tampilkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa plat *helical* berpengaruh terhadap beban yang mampu ditahan pondasi tiang helical. Penambahan jumlah plat *helical* akan memperbesar beban yang ditahan pondasi

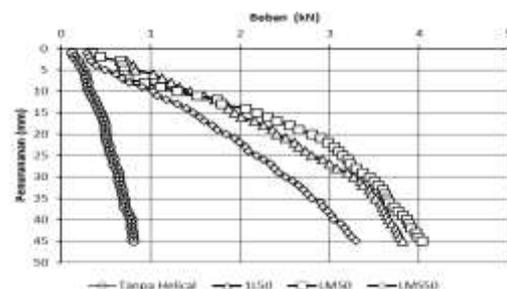
tiang *helical*. Hal ini karena penambahan jumlah plat helical akan memperbesar luas bidang kontak antara helical dengan tanah sehingga menghasilkan kekuatan untuk menahan beban yang lebih besar. Jika daerah sepanjang penambahan plat helical dihitung sebagai tahanan friksi ataupun sebagai tahanan ujung maka penambahan jumlah plat *helical* akan meningkatkan kapasitas dukung pondasi tiang helical tersebut. Terbukti pada Gambar 4 terlihat bahwa tiang dengan 3 plat helical diameter sama mampu menahan beban lebih besar dibandingkan pondasi tiang helical lainnya



**Gambar 4 Grafik beban – penurunan pondasi tiang helical diameter sama**

### Hasil pengujian Variasi Jumla Helical Diameter Yang Berbeda

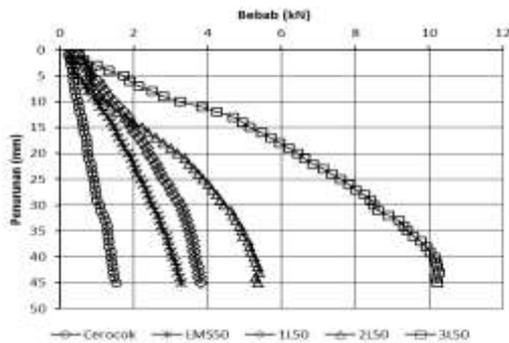
Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan jumlah *plate helical* diameter berbeda secara umum akan menambah besar beban yang mampu ditahan pondasi tiang helical. Terbukti pada hasil uji beban yang ditampilkan Gambar 5. Namun apabila plat helical paling bawah lebih kecil maka penambahan jumlah plat helical tidak berpengaruh signifikan terhadap beban yang mampu ditahan pondasi tiang meskipun plat helical di atasnya lebih besar. Kondisi ini karena sumbangan daya dukung dari tahanan ujung lebih kecil



**Gambar 5 Grafik beban penurunan pondasi tiang helical diameter berbeda**

## Perbandingan Pengujian Cerocok Dan Pondasi Tiang Helical

Perbandingan hasil pengujian cerocok dan pondasi tiang helical ditampilkan pada Gambar 6. Hasil pengujian yang ditampilkan Gambar 6 memperlihatkan bahwa plat helical berpengaruh terhadap beban yang mampu ditahan pondasi seperti dijelaskan sebelumnya. Penambahan plat helical di ujung tiang pondasi menyebabkan beban yang mampu ditahan pondasi tiang helical lebih besar dari pada cerocok. Hal ini disebabkan oleh daya dukung tahanan ujung yang dihasilkan oleh plat helical. Semakin besar diameter ujung pondasi maka akan semakin besar pula tahanan ujung yang dihasilkan

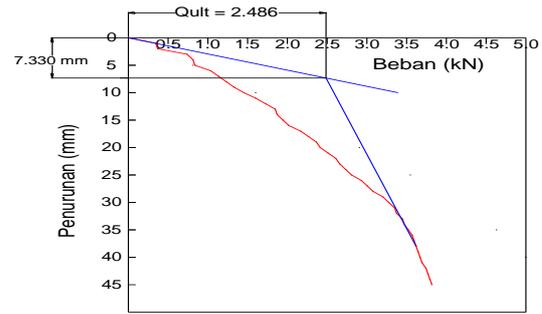


Gambar 6 Grafik perbandingan beban - penurunan cerocok dan pondasi helical

## Interpretasi Hasil Pengujian Beban Pondasi Tiang Helical

Dalam interpretasi pengujian beban aksial terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung batas,  $Q_{ult}$ . Dalam penelitian ini, di gunakan metode *Tangent Intersections*.

Gambar 7 menunjukkan cara interpretasi daya dukung batas ( $Q_{ult}$ ) metode *point of tangent intersection* untuk data hasil pengujian 1L50. Berdasarkan Gambar 4.5 tersebut diketahui daya dukung batas ( $Q_{ult}$ ) interpretasi pondasi 1L50 adalah sebesar 2.486 kN.



Gambar 7 Interpretasi Hasil uji beban

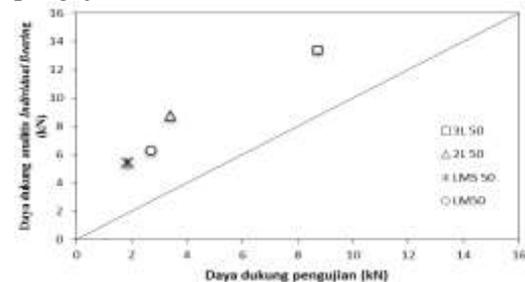
## Perbandingan Hasil Perhitungan Analitis Dan Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan analitis didapatkan daya dukung batas  $Q_{ult}$  pondasi tiang helical terhadap tanah gambut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3  $Q_{ult}$  analitis dan pengujian lapangan

Tipe Pondasi	Daya Dukung Berdasarkan Lapangan		Daya Dukung Berdasarkan Teoritis	
	point of tangen (kN)	Individual Bearing (kN)	Cylindrical Shear (kN)	
3L 50	8.723	13.406	10.246	
2L 50	3.399	8.754	7.306	
1L50	2.486	4.744	4.744	
LMS 50	1.846	5.428	3.601	
LM50	2.692	6.316	4.057	
Tanpa Helical	0.513	1.275	1.275	
Cerucuk A (dia. 9.38 cm)	0.899	3.745	3.745	

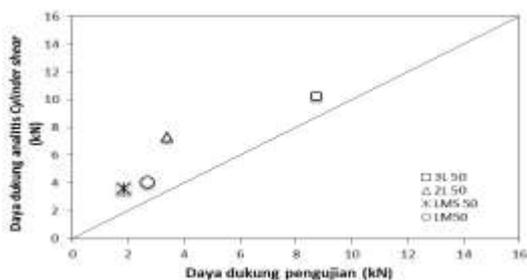
Untuk mengetahui rasio perbandingan daya dukung secara analitis dan pengujian maka dibuat grafik hubungan  $Q_{ult}$  pengujian dengan  $Q_{ult}$  analitis yang di tampilkan gambar 9 dan 10. Berdasarkan gambar 9 dan 10 akan ditentukan *standar error* untuk mengetahui metode analitis yang paling mendekati daya dukung batas  $Q_{ult}$  pengujian.



Gambar 8 Perbandingan daya dukung pengujian dan daya dukung analitis metode *Individual bearing*

Gambar 8 menampilkan hasil perhitungan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  analitis metode *individual bearing* dibandingkan  $Q_{ult}$  hasil uji

beban di lapangan. Pridiksi daya dukung batas,  $Q_{ult}$  menggunakan metode *individual bearing* menghasilkan nilai lebih (*over estimate*) yang relatif besar dengan *standar error* 4,32. Mekanisme kegagalan *individual bearing* hanya terjadi pada podasi tiang dengan 1 helical. Jika pondasi tiang memiliki lebih dari 1 helical maka mekanisme kegagalan pembebanan yang terjadi adalah *cylinder shear*. Menurut Rao dkk (1991) jika rasio jarak dan diameter ( $S/D$ )  $< 1,5$  maka mekanisme kegagalan pembebanan *cylinder shear* yang terjadi. Tappenden dan Sego (2007), Zhang (1999), Weech dan Howie (2013) mengusulkan jika  $S/D < 3$  perhitungan  $Q_{ult}$  analitis sebaiknya menggunakan metode *cylinder shear*. Rasio  $S/D$  yang digunakan untuk pondasi tiang helical diameter yang sama pada penelitian ini adalah 1,43. Jadi mekanisme kegagalan *individual bearing* yang digunakan sebagai pendekatan untuk memperidiksi daya dukung batas,  $Q_{ult}$  kurang tepat. Hal ini terbukti pada hasil perbandingan perhitungan analitis metode *cylinder shear* dan pengujian yang ditampilkan Gambar 9



**Gambar 9 Perbandingan daya dukung pengujian dan daya dukung analitis metode *Cylinder shear***

Gambar 9 menampilkan perbandingan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  analitis metode *cylinder shear* dan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  pengujian lapangan. Perhitungan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  metode *cylinder shear* menghasilkan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  yang lebih rasional apabila dihubungkan dengan daya dukung batas hasil uji beban pada penelitian ini, meskipun hasil perhitungan analitis metode *cylinder shear* lebih besar dari hasil daya dukung batas,  $Q_{ult}$  pengujian dengan *standar error* 2,37..

Rao dkk (1993) mengusulkan faktor koreksi ( $S_f$ ) digunakan jika rasio jarak dan diameter helix ( $S/D$ )  $> 1,5$ . Rao dkk (1993)

mengusulkan nilai  $S_f$  tersebut berdasarkan pengujian di laboratorium pada tanah lempung (*marin clay*). Stanier dkk (2013) menyatakan lempung yang digunakan Rao dkk (1991) diatur sedemikian rupa secara berulang sehingga kemungkinan memiliki sensitifitas yang rendah terhadap kandungan alami lempung. Perilaku tanah lempung berbeda dengan tanah gambut sehingga penerapan nilai  $S_f$  yang diusulkan Rao dkk pada penelitian ini menghasilkan nilai  $Q_{ult}$  yang lebih besar (*over estimate*) dibanding  $Q_{ult}$  hasil uji beban, seperti yang ditampilkan Gambar 9 Nilai  $S_f$  yang diusulkan Rao dkk (1993) untuk penerapannya pada tanah gambut perlu dikoreksi sehingga menghasilkan perhitungan analitis metode *cylinder shear* yang lebih akurat

Berdasarkan hasil perhitungan *standar error* terhadap garis ekivalen diketahui bahwa perhitungan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  metode *Individual bearing* mendekati daya dukung batas pengujian dengan *standar error* 4,38. Daya dukung batas,  $Q_{ult}$  metode *cylinder shear* mendekati hasil daya dukung batas  $Q_{ult}$  pengujian dengan *standar error* 2,37. Jadi berdasarkan analisa tersebut diketahui bahwa daya dukung secara analitis metode *cylinder shear* lebih mendekati daya dukung batas,  $Q_{ult}$  pengujian.

## V. KESIMPULAN Dan SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut Bahwa gambut yang diteliti dapat diklasifikasikan sebagai *sapric peat* berdasarkan ASTM D4427-84 (1989) dan sebagai *High Ash-peat* (tanah gambut dengan kadar abu tinggi) menurut ASTM D4427-84 (1989). Dari hasil uji beban yang dilakukan terlihat penambahan plat helical berpengaruh terhadap daya dukung. Secara umum pondasi tiang helical menghasilkan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  260% - 1600% lebih besar dibandingkan pondasi tiang tanpa helical. Daya dukung yang dihasilkan pondasi tiang helical menghasilkan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  lebih besar 105% - 870% dibandingkan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  yang dihasilkan cerocok, sehingga pondasi tiang helical bisa menjadi alternatif lain pengganti cerocok dalam aplikasi perbaikan daya dukung pada tanah. Pondasi tiang 3 plat helical diameter sama

menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan pondasi tiang 1 dan 2 helical. Plat helical terbawah mempunyai peranan yang signifikan dalam menambah daya dukung pondasi helical. *Standar error* perhitungan daya dukung batas,  $Q_{ult}$  metode *Individual bearing* mendekati daya dukung batas pengujian dengan nilai 4,38. *Standar error* daya dukung batas,  $Q_{ult}$  metode *cylinder shear* mendekati daya dukung batas  $Q_{ult}$  pengujian dengan standar error 2,37. Jadi berdasarkan analisa tersebut diketahui bahwa daya dukung secara analitis metode *cylinder shear* lebih mendekati daya dukung batas,  $Q_{ult}$  pengujian

### Saran

Dari hasil pengujian dan pembahasan maka dapat dituliskan beberapa saran sebagai berikut.

Penelitian selanjutnya perlu menyelidiki daya dukung secara analitis menggunakan data sondir ( CPT )

Pada Penelitian selanjutnya diperlukan variasi rasio jarak plat dan diameter plat (S/D) yang lebih banyak agar mengetahui bagaimana pengaruh S/D terhadap perilaku pembebanan pondasi tiang helical pada tanah gambut.

### DAFTAR PUSTAKA

Departemen Permukiman dan Prasarana

Wilayah. (2004). PdT-06-2004-B.

Nugroho, S. A. (2011). Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu. *Jurnal Teoretis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 18(1), 31–40.

Rao, S. N., Prasad, Y. V. S. N., & Veeresh, C. (1993). Behaviour of embedded model screw anchors in soft clays. *Geotechnique*, 43, 605 – 614.

Stanier, S. A., Black, J. A., & Hird, C. C. (2013). *Modelling helical screw piles in soft clay and design implications* (No. 1300021).

Tappenden, K. M., & Segoo, D. C. (2007). Predicting The Axial Capacity Of

Screw Piles Installed In Canadian Soils. *Ottawageo*2007, 1, 1608–1615.

Weech, C. N., & Howie, J. A. (2013). Helical Piles In Soft Sensitive Soils – A Field Study Of Disturbance Effects On Pile Capacity, (D).

Willis, D. (2009). How to Design Helical Piles per the 2009 International Building Code. In *The International Building Code (Ibc)*. Ram Jack Foundation Solutions.

Zhang, D. J. Y. (1999). *Predicting Capacity Of Helical Screw Piles In Alberta Soils*. University Of Alberta.