

# VARIASI LEBAR PELAT TERHADAP DAYA DUKUNG AKSIAL TARIK FONDASI TIANG HELIKAL DI TANAH GAMBUT

Tiara Mahardika<sup>1)</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2)</sup>, Syawal Satibi<sup>3)</sup>

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

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

<sup>3)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau

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

E-mail: [Mahardikatiara4@gmail.com](mailto:Mahardikatiara4@gmail.com)

## ABSTRACT

*Helical piles is one of the alternative to replace wood pile at a construction over peat soil. Determination of uplift capacity from field test in this research will be interpreted by intersection of tangent method. Uplift capacity of helical pile theoretically calculated using two approaches design with individual plate bearing method and cylindrical shear method. This study compared helical pile used diameter 35 cm, 25 cm and 15 cm with variations, wood pile, and pile without helix. The result of the study confirmed that uplift capacity will be increasing with the increment of helix plate diameter and the number of helix. Based on the interpretation data from field test, the capacity of helical pile is closer calculation cylindrical shear method than individual plate bearing method which means uplift capacity of helical pile is derived from shear resistance along cylindrical failure surface and bearing resistance above the top or bottom helix. And other result confirmed that helical pile has the greater uplift capacity than wood pile or pile without helix.*

*Keywords: Helical pile, wood pile, pile without helix, peat soil, helix plate diameter, uplift capacity*

## 1. PENDAHULUAN

Banyak sekali kegagalan/kerusakan struktur bangunan yang berada diatas tanah gambut sehingga cenderung tidak menguntungkan bagi pembangunan konstruksi diatasnya.

Pada umumnya suatu konstruksi bangunan 1-2 lantai di atas tanah gambut dibangun dengan menggunakan cerucuk. Namun, material cerucuk semakin lama semakin sulit didapat, sehingga diperlukan alternatif lain (Nugroho, 2011). Salah satunya yaitu dengan adanya tiang helikal.

Perkembangan tiang helikal akan terus meningkat sehingga sangat penting untuk mengembangkan perbaikan desain dan meningkatkan pemahaman terhadap

perilaku tiang helikal. Hipotesa awal hasil penelitian ini adalah semakin besar dimensi tiang, maka semakin besar pula daya dukung ultimit yang dihasilkan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tiang Helikal

Tiang helikal adalah tiang yang terbuat dari baja yang termasuk dalam salah satu elemen fondasi dalam yang terdiri dari poros tengah dan memiliki satu atau lebih pelat yang disebut heliks. Sebuah tiang helikal diinstal dengan cara memutarnya ke dalam tanah. Setiap pelat heliks dibentuk seperti benang sekrup yang seragam (*International Building Code*, 2009).

## 2.2 Faktor Koreksi *Field Vane Shear*

Dalam bidang teknik faktor koreksi/reduksi telah diperkenalkan untuk memodifikasi kekuatan yang diukur dan memberikan parameter kekuatan yang mewakili kondisi *undrained*. Faktor-faktor reduksi ini telah dikembangkan dalam menanggapi pengalaman dan kondisi setempat. Kekuatan geser *undrained* yang diadopsi untuk desain ( $S_u$ ) diambil sebagai:

$$S_u = \mu_{FV-C} S_{u-FV} \quad (2.1)$$

Dimana

$\mu_{FV-C}$  = Faktor reduksi geser baling lapangan

$S_{u-FV}$  = Kekuatan geser *undrained* dari pengujian geser baling lapangan

Golebiewska (1983) di dalam M.Long dan N.Boyland (2012) mengusulkan  $\mu_{FV-C} = 0,5-0,55$  untuk tanah gambut. Faktor koreksi tersebut akan dikalikan dengan kuat geser yang didapatkan dari pengujian *field vane shear*.

## 2.3 Daya Dukung Tiang Helikal

Terdapat dua pendekatan desain untuk menentukan kapasitas ultimit tarik dari tiang helikal yaitu *individual plate method* dan *cylindrical shear method*. Kedua metode ini memerlukan beberapa asumsi penyederhanaan untuk menentukan kapasitas ultimit.

### 2.3.1 Individual Plate Method

Metode pelat individu (*Individual Plate Method*) mengasumsikan bahwa daya dukung tanah terjadi di atas masing-masing pelat helikal dan adhesi antara tanah dengan tiang heliks. Dengan demikian, persamaan kapasitas tarik tiang berdasarkan metode ini dapat dirumuskan melalui persamaan 2.2.

$$Q_t = \sum_n A_n C_u N_u + P_s H_1 C_a \quad (2.2)$$

Mooney dkk. (1985) di dalam Zhang (1999) menemukan bahwa adhesi

batang/poros tiang helikal dalam kondisi *uplift* berkisar antara  $0,3S_u$  sampai  $0,9S_u$

$$C_a = 0,6S_u \quad (2.3)$$

### 2.3.2 Cylindrical Shear Method

Metode geser silinder (*Cylindrical Shear Method*) diusulkan oleh Mooney, Adamczak dan Clemence (1985). Dalam *uplift* dikenal juga *plate bearing resistance*/tahanan daya dukung pelat dari pelat yang paling atas, sehingga metode ini sebenarnya merupakan kombinasi dari *cylindrical shear* dan *plate bearing*. Dengan demikian, persamaan kapasitas tarik tiang berdasarkan metode ini dapat dirumuskan melalui persamaan 2.4.

$$Q_t = A_1 C_u N_u + \pi D_a C_u (H_3 - H_1) + P_s H_1 C_a \quad (2.4)$$

Dimana

$Q_t$  = Kapasitas tarik ultimit

$H_1$  = Kedalaman hingga heliks paling atas

$H_3$  = Kedalaman hingga heliks paling bawah

$D_a$  = Diameter heliks rata-rata

$P_s$  = Keliling tiang

$A_1$  = Luas pelat heliks paling atas

$N_u$  = *Uplift bearing capacity factor* = 9

$C_u$  = Kekuatan geser tanah *undrained*

$C_a$  = Adhesi antara tanah dengan tiang sepanjang poros/batang tiang helikal

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Bahan Pengujian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah gambut yang berasal dari daerah Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar.

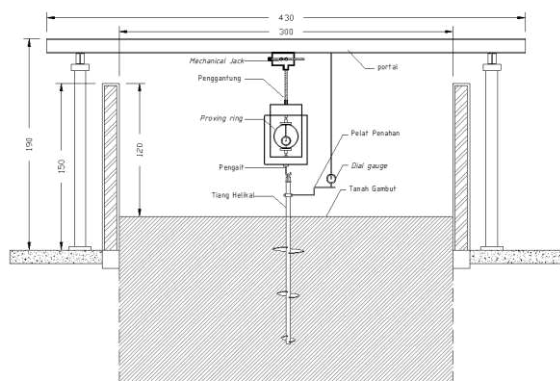
### 3.2 Alat Pengujian

Tiang helikal yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai variasi yaitu, LM 30, LL 30, L dan M. Masing-masing variasi memiliki diameter pelat dan jumlah pelat yang berbeda. Diameter pelat yang digunakan diantaranya yaitu L (*Large*) diameter 35 cm, dan M (*Medium*) diameter 25 cm. Seperti yang terlihat pada Tabel 3.1.

Pondasi Helikal	200	200	200	200
Kode Pondasi	M	L	LL spasi 30	LM spasi 30

Tabel 3.1 Tiang Helikal Pada Penelitian Dengan Variasi Lebar Pelat

Kolam untuk pengujian model fondasi seperti pada Gambar 3.1 terbuat dari baja dengan dimensi panjang 6 m, lebar 3 m dan kedalaman tanah gambut 2,8 m.



Gambar 3.1 Sketsa Kolam Pemodelan

### 3.3 Prosedur Pengujian

Pengujian propertis tanah terdiri dari pengujian kadar air, *specific gravity*, kadar abu, kadar serat dan berat volume tanah.

Sebelum pengujian pemodelan tiang dilakukan, terlebih dahulu dilakukan penanaman tiang helikal dengan kedalaman 1,5 m. Setelah 24 jam, pengujian tarik

dilakukan dengan cara memasang serangkaian alat pengujian tarik seperti dongkrak mekanikal yang telah dimodifikasi, *proving ring*, *dial gauge*, dan lain-lain.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian

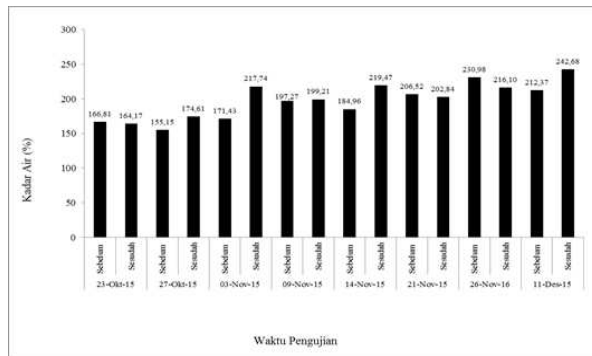
Hasil yang diperoleh dari penelitian ini berasal dari pengujian laboratorium dan pengujian pembebanan tarik tiang helikal dilapangan. Hasil pengujian laboratorium berupa sifat fisik dan propertis tanah. Hasil pengujian pembebanan tarik tiang helikal berupa kurva hubungan antara beban dan deformasi tarik serta pengujian *field vane shear*. Data untuk hasil pengujian propertis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil pengujian propertis tanah

Pengujian	Nilai
Kadar air (W)	242,39 %
Berat Volume Basah ( $\gamma_{wet}$ )	0,82 gr/cm <sup>3</sup>
Berat Volume kering ( $\gamma_{dry}$ )	0,24 gr/cm <sup>3</sup>
<i>Specific Gravity</i> (Gs)	1,58
Kadar Abu Rata-Rata	32,80 %
Kadar Serat Rata-Rata	9,58 %
Angka Pori Rata-Rata (e)	5,61

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3.2, tanah gambut yang digunakan pada penelitian ini dapat dikelompokkan berdasarkan kadar serat dan abu menurut ASTM D1997 dan ASTM D2974. Kadar abu rata-rata yang terkandung pada tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini adalah 32,80%, sehingga tanah gambut ini termasuk gambut dengan abu tinggi (*high ash peat*). Sedangkan untuk kadar serat rata-rata dari pengujian adalah 9,58%, sehingga menurut ASTM D1997 tanah gambut ini tergolong ke dalam gambut saprik (*sapric peat*). Selain itu dapat dilihat nilai angka pori rata-rata (e) pada tanah gambut adalah 5,61, hal ini menyebabkan tanah gambut sangat sensitif terhadap beban yang bekerja di atasnya dengan kata lain memiliki kompresibilitas yang tinggi.

Pengujian kadar air juga dilakukan sebelum dan sesudah pengujian tarik tiang helikal. Hasil pengujian kadar air seiring dengan waktu pengujian pembebanan tarik tiang seperti yang terlihat pada Gambar 3.2.



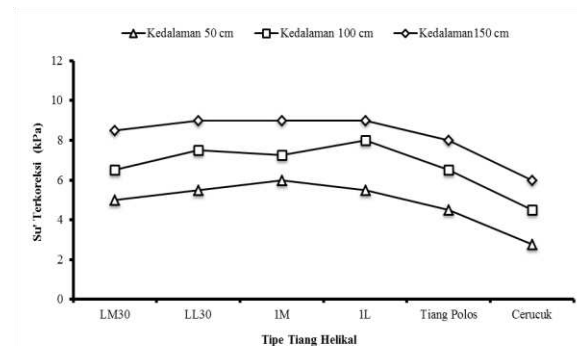
Gambar 3.2 Diagram kadar air tanah sebelum dan sesudah pengujian

Kadar air rata-rata sebelum pengujian tarik tiang berlangsung yaitu 190,69% dan setelah pengujian berlangsung sebesar 204,60%. Dapat dilihat bahwa tidak terdapat peningkatan maupun penurunan kadar air yang signifikan dari tanah di lokasi pengujian.

Pengujian *vane shear* dilakukan sebelum pengujian pemodelan tiang di lapangan untuk mendapatkan kuat geser *undrained* tanah ( $S_u$ ). Pengujian dilakukan pada kedalaman 50 cm, 100 cm, dan 150 cm. pembacaan *vane shear* yang didapat dari pengujian lapangan (*div*) kemudian dikalibrasi untuk mendapatkan tegangan geser ( $S_u$ ) dalam kPa. Nilai ini yang digunakan untuk menentukan daya dukung fondasi helikal secara teoritis.

Nilai kuat geser yang besar bisa terjadi karena disebabkan oleh adanya serat yang membungkus baling-baling pada alat *field vane shear* sehingga mempengaruhi pembacaan nilai kuat gesernya. Pada saat pengujian *field vane shear* harus hati-hati baik dari segi prosedur pelaksanaannya maupun pembacaan nilai kuat geser pada kepala torsi alat *vane shear* agar pembacaannya akurat.

Nilai kuat geser ( $S_u$ ) yang didapatkan dari pengujian *field vane shear* kemudian dikoreksi dengan faktor koreksi yang bertujuan untuk menambah keakuratan perhitungan daya dukung secara teoritis. Gambar 3.3 menunjukkan nilai kuat geser tanah setelah dikalikan faktor koreksi *field vane shear* untuk tanah gambut yaitu sebesar 0,50 (Golebiewska, 1983).

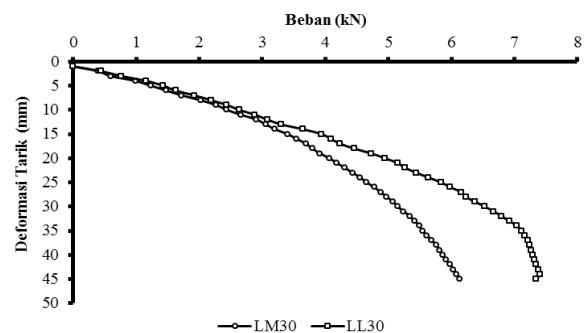


Gambar 3.3 Kuat Geser Tanah Gambut Setelah Dikoreksi

## 4.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian

### 4.2.1 Tiang Helikal LL 30 dan LM 30

Kurva beban-deformasi tiang helikal LM 30 dan LL 30 dari Gambar 3.4 menunjukkan perbedaan yang cukup besar dari kedua tiang uji. Tiang LM 30 menghasilkan bentuk kurva yang landai sehingga beban keruntuhan sulit ditentukan.



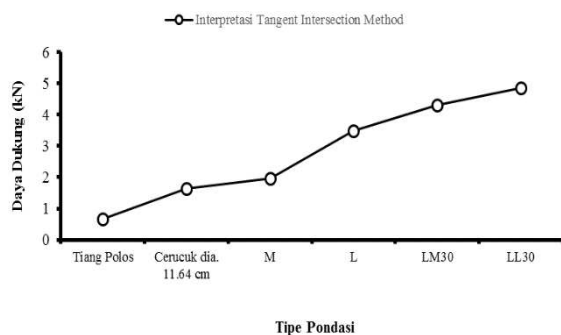
Gambar 3.4 Kurva Beban-Deformasi Tiang Helikal LM 30 dan LL 30

Tiang helikal LL 30 dengan jumlah pelat 2 buah dan diameter pelat yang sama tiap pelatnya menunjukkan beban maksimum yang lebih besar jika

dibandingkan dengan tiang helikal LM 30 dengan jumlah pelat 2 buah dan diameter pelat yang berbeda. Tiang LM 30 diameter pelat atas 35 cm dan diameter pelat bawah 25 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan jumlah pelat yang sama dan spasi/jarak diantara pelat sama namun diameter masing-masing pelat berbeda memberikan beban yang berbeda.

Pada kurva beban-deformasi tiang helikal LM 30 dan LL 30 seperti yang terlihat pada Gambar 3.4 diatas memberikan kesimpulan bahwa diameter pelat helikal memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap beban. Semakin besar diameter pelat tiang helikal maka semakin besar beban maksimum yang dihasilkan.

Interpretasi daya dukung ultimit terbesar berdasarkan *tangent intersection method* dihasilkan oleh tiang LL30, yaitu 4,85 kN dengan deformasi tarik 15,31 mm. Daya dukung ultimit terendah dihasilkan oleh tiang polos, yaitu 0,67 kN dengan deformasi tarik 2,73 mm. Sedangkan untuk tiang cerucuk diameter 11,64 cm daya dukung ultimitnya 1,64 kN dengan deformasi tarik 3,06 mm nilai ini jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan tiang helikal 1L dan 1M. Hasil ini menunjukkan bahwa daya dukung tiang helikal lebih besar jika dibandingkan dengan tiang cerucuk dan tiang polos seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.

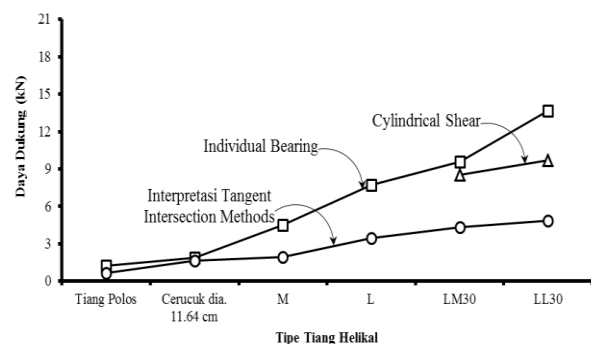


Gambar 3.5 Daya dukung ultimit hasil pengujian tarik lapangan

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung secara teoritis pada Gambar 3.6 dapat disimpulkan bahwa fondasi tiang

helikal menghasilkan daya dukung yang lebih besar jika dibandingkan dengan tiang cerucuk dan tiang polos. Daya dukung terbesar dihasilkan oleh tiang helikal LL 30 dengan daya dukung sebesar 13,65 kN dari metode *individual plate bearing* dan 9,72 kN dari metode *cylindrical shear*.

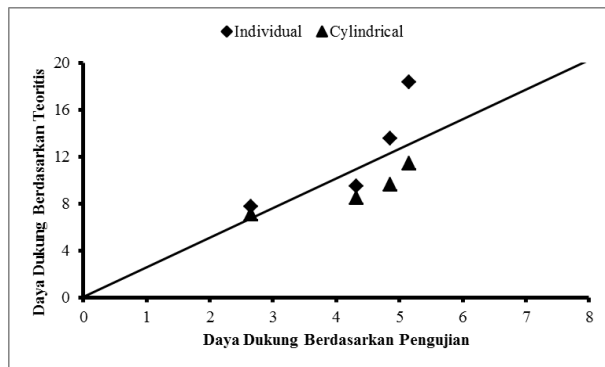
Gambar 3.6 menunjukkan bahwa kapasitas aksial tarik tiang menggunakan metode *tangent* lebih rendah dibandingkan dengan kapasitas daya dukung berdasarkan perhitungan teoritis. Dan kapasitas daya dukung tiang helikal berdasarkan interpretasi pengujian dilapangan lebih mendekati metode *cylindrical shear* dibandingkan dengan metode *individual plate bearing*. Sehingga kesimpulan analisa tersebut daya dukung tiang helikal lebih didukung oleh mekanisme *cylindrical shear*.



Gambar 3.6 Grafik daya dukung ultimit antara teoritis dan interpretasi

Pembuktian bahwa daya dukung hasil metode *individual plate bearing* lebih besar dari hasil pengujian dengan *standard error* sebesar 1,13. Metode *cylindrical shear* menghasilkan *standard error* yang lebih kecil jika dibandingkan metode *individual plate bearing* yaitu sebesar 0,89 seperti yang terlihat pada Gambar 3.7.





Gambar 3.7 Grafik Hubungan Daya Dukung Teoritis Vs Pengujian

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Fondasi tiang helikal LL 30 dan LM 30 mempunyai kapasitas daya dukung yang semakin besar seiring dengan bertambahnya diameter pelat. Hasil ini menjelaskan bahwa semakin besar diameter pelat maka semakin besar daya dukungnya.
2. Metode perhitungan teoritis *individual plate bearing* dan *Cylindrical shear* menghasilkan daya dukung yang lebih besar jika dibandingkan interpretasi pengujian lapangan. Berdasarkan interpretasi hasil pengujian di lapangan daya dukung tiang helikal lebih mendekati metode perhitungan dengan *cylindrical shear* jika dibandingkan dengan *individual plate bearing*. Hasil ini dibuktikan dengan *standard error* sebesar 1,13 untuk metode *individual plate bearing*. Metode *cylindrical shear* menghasilkan *standard error* yang lebih kecil jika dibandingkan metode *individual plate bearing* yaitu sebesar 0,89.
3. Kuat geser undrained ( $S_u$ ) memberikan pengaruh yang signifikan pada perhitungan daya dukung secara teoritis, sehingga faktor koreksi  $S_u$  dari pengujian *field vane shear* diperlukan untuk menambah keakuratan perhitungan daya dukung secara teoritis. Faktor koreksi yang digunakan pada

penelitian ini adalah faktor koreksi untuk tanah gambut yaitu antara 0,50 (Golebiewska, 1983).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan alat pengujian, asisten Lab Mekanika Tanah yang telah senantiasa memberikan bantuan. Terima kasih juga kepada seluruh anggota penelitian tiang helikal di tanah gambut.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1989. *Annual Book of Standard: Soil And Rock; Building Stones; Peats. Vol. 4.08.*
- ASTM D3689-90. 1995. *Standard Test Method For Individual Piles Under Static Axial Tensile Load.* United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.
- ASTM D1997-91. 2001. *Standard Test Method For Laboratory Determination of The Fiber Content of Peat Samples by Dry Mass.* United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.
- ASTM D2573-01. 2001. *Standard Test Method For Field Vane Shear Test in Cohesive Soil.* United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.
- ASTM D2974-00. 2000. *Standard Test Method For Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils.* United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.

**ASTM D4427-92.** 2002. *Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing.* International Journal of the Physical Sciences. United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.

**Boylan Noel and Long Michael.** 2012. *A Review and Update Recent Developments of Peat.* Southeast Asian Geotechnical Society, vol. 43, No. 4: 41 – 45.

**International Code Council.** 2009. *International Building Code (IBC).* Washington, DC: International Code Council.

**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.

**Nugroho, S.A.,** 2011. *Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu.* Skripsi. Pekanbaru: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Riau.

**Zhang, D.** 1999. *Predicting capacity of helical screw piles in Alberta soils.* M.Sc. thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta.