PENGARUH VARIASI JARAK PELAT HELICAL TERHADAP DAYA DUKUNG TARIK HELICAL PILE PADA TANAH GAMBUT

Robi Handi Putra[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 : robihandiputra@gmail.com

ABSTRACT

Helical pile can provide an alternative for wood pile over peat soil. The reaserch studied about the effect of spacing of helical plates to uplift capacity of helical pile and compared to wood pile and helical without pile. The spacing of helical plates used were 20, 30, and 50 cm. Uplift iltimate capacity was interpreted by Tangent Intersection and Terzaghi and Peck method. Theoritical uplift capacity of helical pile was calculated using Iindividual Plate Bearing and Cylindrical Shear method. Based on the result, correlation of uplift capacity and spacing of helical plates was not linier proportional. Spacing of helical plates 30 cm showed the biggest capacity compared to space 20 and 50 cm. According to interpretation method, the uplift capacity of helical pile approach to Cylindrical Shear mechanism better than Individual Bearing. More over, helical pile had a greater uplift capacity compared to wood pile or helical without pile.

Keywords: Helical Pile, Spacing of Helical Plates, Peat soil, uplift Capacity, Wood Pile, pile without helical.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

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 cerucuk dengan diameter 10-20 cm dan panjang 3-4 meter. Namun, material cerucuk sendiri makin lama makin susah didapat, maka diperlukan alternatif yang lain (Nugroho, 2011).Salah satu alternatif konstruksi yang dapat digunakan untuk menggantikan cerucuk adalah penggunaan pondasi *helical.*

Menurut Prasad & Rao, (1996) pondasi *helical* atau dikenal juga dengan *screw anchor* adalah pondasi yang terdiri dari satu atau lebih pelat *helical* berbentuk lingkaran dilas pada poros tiang baja dengan jarak pelat *helical* telah ditentukan. Sama hal dengan pondasi pada umumnya, pondasi *helical* memiliki beberapa keunikan pada proses konstruksinya, geometri yang unik dan proses instalasi memberikan tantangan tersendiri bagi *engineer* untuk memprediksi dengan tepat mekanisme pemindahan beban dan kapasitas dukung pondasi tiang *helical* (Lutenegger, 2015).

Banyaknya permasalahan yang terjadi pada tanah gambut dan keunikan mekanisme perilaku pemindahan beban pondasi *helical* menciptakan keraguan

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

Khusus pada penelitian ini dilakukan studi mengenai perilaku pengaruh variasi jarak pelat *helical* terhadap daya dukung tarik pondasi *helical* pada tanah gambut. Penelitian pondasi *helical* pada tanah gambut dilakukan dengan cara perhitungan dan pemodelan lapangan, sehingga dapat memberikan hasil yang akurat secara teori dan pemodelan lapangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah Menentukan perilaku pengaruh variasi jarak *helical* terhadap daya dukung tarik pondasi *helical* pada tanah gambut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Gambut

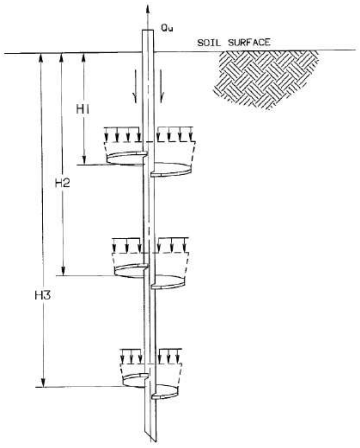
Tanah gambut merupakan tanah hidromorfik yang bahan asalnya sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik sisa-sisa tumbuhan dan selalu dalam keadaan tergenang air, dimana proses dekomposisinya berlangsung tidak sempurna sehingga terjadi penumpukan serta akumulasi bahan organik membentuk tanah gambut yang kedalamannya dibeberapa tempat dapat mencapai 16 meter (Panjaitan, 2013).

Tiang *Helical*

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

Individual Plate Method

Metode pelat individu (*Individual Plate Method*) mengasumsikan bahwa daya dukung tanah terjadi di atas masing-masing pelat *helical* dan adhesi antara tanah dengan tiang heliks seperti pada Gambar 1. Untuk instalasi tiang helikal fondasi dalam (heliks paling atas lebih besar dari enam kali diameter di bawah permukaan tanah) kegagalan sama dengan *end bearing*/daya dukung ujung pada pondasi dalam.



Gambar 1 Sketsa Mekanisme Konseptual *Individual Plate Method (Sumber: Lutenegger, 2009)*

Dengan demikian, persamaan kapasitas tarik tiang berdasarkan metode ini dapat dirumuskan melalui persamaan berikut.

$$Q_t = \sum_n A_n \, C_u N_u + P_s H_1 \, C_a$$

Mooney dkk. (1985) di dalam Zhang (1999) menyatakan bahwa adhesi batang/poros tiang helikal dalam kondisi *uplift* berkisar antara $0{,}3S_u$ sampai $0{,}9S_u$

$$C_a = 0{,}6S_u$$

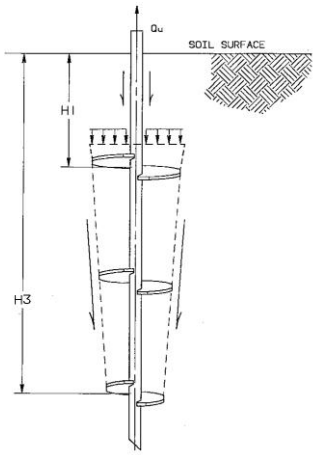
Dimana

Q_t = Kapasitas tarik ultimit
A_n = Luas dari pelat heliks ke-n

N_u = Faktor kapasitas daya dukung tarik (*uplift bearing capacity factor*)
C_u = Kekuatan geser tanah *undrained*
C_a = Adhesi antara tanah dengan tiang disepanjang poros/batang tiang helikal
H_1 = Kedalaman hingga heliks paling atas
P_s = Keliling tiang

Cylindrical Shear Method

Metode geser silinder (*Cylindrical Shear Method*) diusulkan oleh Mooney, Adamczak dan Clemence (1985). Dalam analisis metode ini diasumsikan bahwa tanah antara heliks bertindak sebagai *semi-rigid body* dan daerah kegagalan silinder berkembang sepanjang keliling bagian yang disambung antara heliks seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. 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*.



Gambar 2 Sketsa Mekanisme Konseptual *Cylindrical Shear Method (Sumber: Lutenegger, 2009)*

Persamaan kapasitas tarik tiang berdasarkan metode *Cylindrical Shear* dirumuskan sebagai berikut.

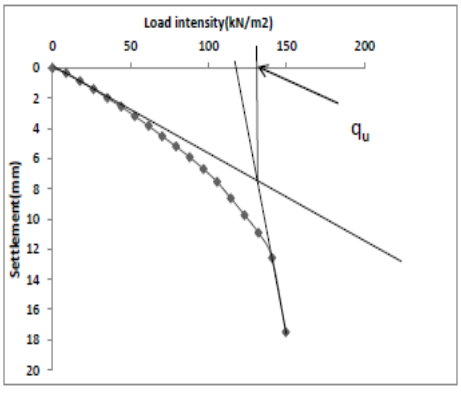
$$Q_t = A_1 C_u N_u + \pi D_a C_u (H_3 - H_1) + P_s H_1 C_a$$

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 = Faktor kapasitas daya dukung tarik (*uplift bearing capacity factor*)
C_u = Kekuatan geser tanah *undrained*
C_a = Adhesi antara tanah dengan tiang sepanjang poros/batang tiang helikal

Tangent Intersection Method

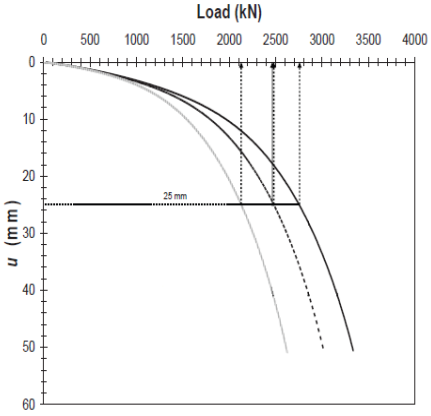
Salah satu metode interpretasi daya dukung ultimit yang umum digunakan adalah *tangent intersection method*. Metode ini diusulkan oleh Trautmann dan Kulhawy pada tahun 1988. *Tangent intersection method* adalah metode yang sesuai digunakan untuk menginterpretasikan daya dukung ultimit tarik.



Gambar 3 Daya Dukung Ultimit dengan *Tangent Intersection Method (Trautmann dan Kulhawy, 1988)*

***Terzaghi and Peck Method* (1967)**

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 and Peck*, pondasi persegi dan menerus dengan lebar yang sama menunjukkan perilaku penurunan yang sama untuk intensitas beban dan tanah yang sama.



Gambar 4 Interpretasi Daya Dukung Ultimit dengan *Terzaghi and Peck Method* (Roberts dkk., 2008)

III. METODOLOGI PENELITIAN

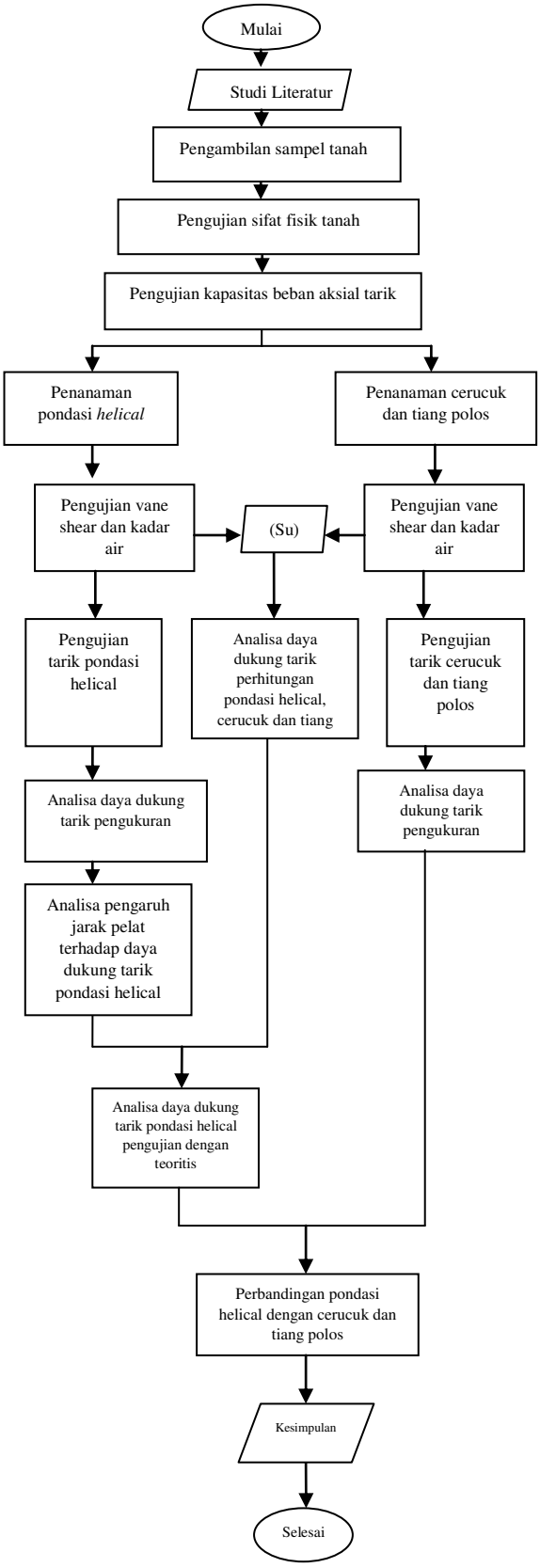
Umum

Metodologi penelitian berisi langkah-langkah jalannya penelitian yang berawal dari studi literatur, persiapan sampel dilokasi penelitian, persiapan alat dan bahan, penginstalan alat pengujian serta analisa data.

Penelitian dilaksanakan di Kolam Pengujian yang berlokasi di sekitar Musholla Fakultas Teknik Universitas Riau.

Tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian secara umum dituangkan ke dalam diagram alir penelitian, seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan Penelitian

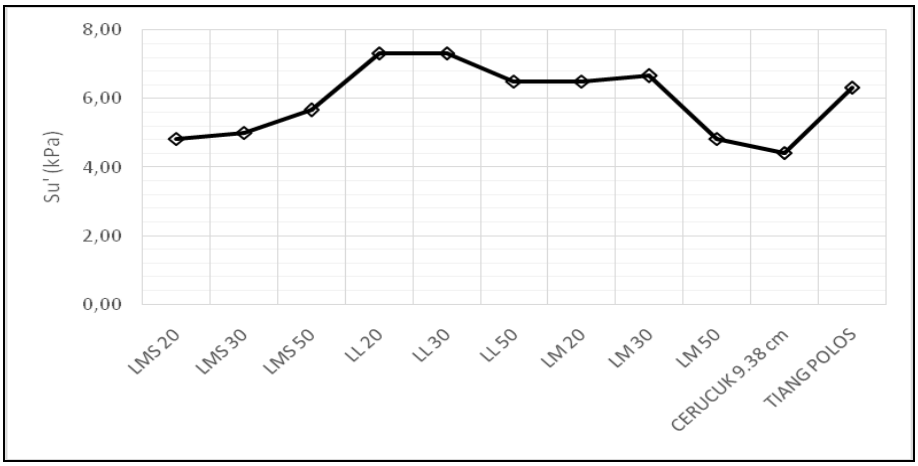
IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah dan Propertis Tanah

Sifat fisik dan propertis tanah dari lokasi pengujian terlebih dahulu diuji di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Teknik Sipil Universitas Riau. Pengujiannya meliputi kadar air, berat volume, *specific gravity* (Gs), kadar serat dan kadar abu. Hasil pengujian sifat fisik dan propertis dari sampel tanah gambut kedalaman 100-150 cm yang digunakan dalam pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Propertis Tanah Gambut

Pengujian	Satuan	Nilai
Kadar Air (W)	%	246,413
Berat Volume Basah (γ_{wet})	gr/cm^3	0,847
Berat Volume kering (γ_{dry})	gr/cm^3	0,245
Specific Gravity (Gs)	-	1,529
Kadar Abu Rata-Rata	%	37,740
Kadar Serat Rata-Rata	%	8,868
Angka Pori Rata-Rata (e)	-	5,123

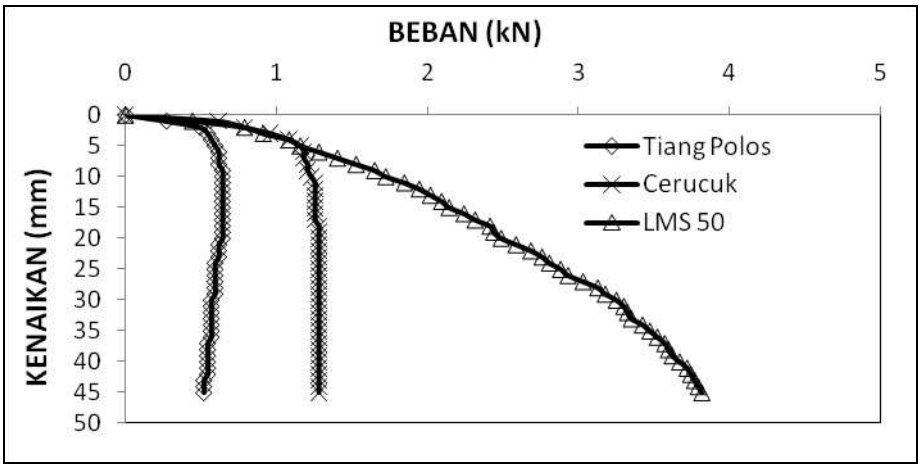


Gambar 6 Kuat Geser Tanah Rata-Rata Terkoreksi

Dari hasil pengujian *field vane shear*, nilai Su yang didapatkan tidak saling berbeda jauh atau relatif sama, yaitu berkisar antara 4.42 sampai 7.33 kPa.Rata – rata nilai Su adalah 5.95 kPa.Standar deviasi nilai Su adalah 1.045 kPa. Hal ini membuat situasi dan kondisi pengukuran sama untuk setiap tipe pondasi.

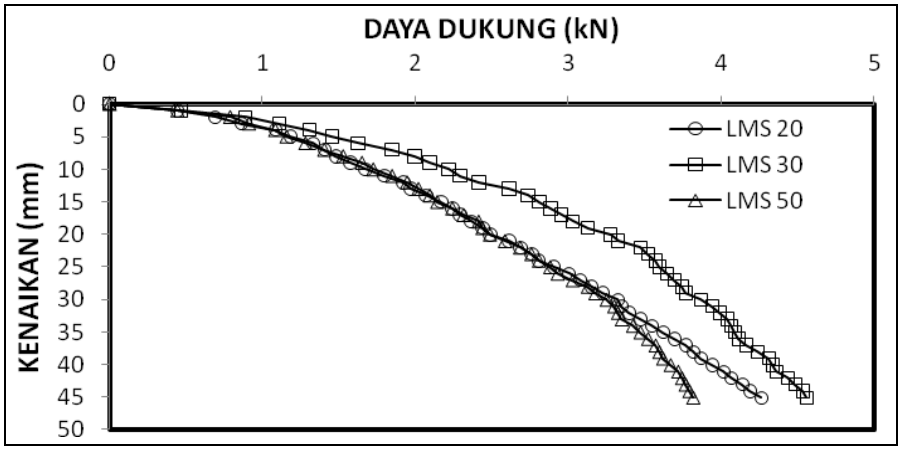
Analisa Kurva Hubungan Beban Vs Kenaikan

Pengujian pengukuran pondasi menghasilkan kurva hubungan antara beban vs kenaikan. Kurva beban vs kenaikan dapat menunjukkan perilaku dan karakteristik kekuatan daya dukung suatu pondasi. Evaluasi yang dilakukan pada kurva beban Vs kenaikan dari pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan beban dengan kenaikan tiang. Semakin besar deformasi kenaikannya maka semakin besar atau kecil bebannya.



Gambar 7 Kurva Beban vs Kenaikan Pondasi Helical, Cerucuk, dan Tiang Polos

Kurva beban vs kenaikan pondasi *helical* LMS 50 mempunyai perilaku yang tidak sama dengan kurva pondasi cerucuk dan tiang polos. Kurva tersebut memperlihatkan bahwa pondasi *helical* LMS 50 merubah perilaku pembebanan mulai dari *fragile failure* menjadi *gradual failure* yang berarti mekanisme keruntuhan pondasi *helical* ini berubah dari keruntuhan tiba-tiba seperti pada tiang polos maupun cerucuk menjadi keruntuhan bertahap. Walaupun tiang helikal tetap mengalami *failure* namun secara perlahan/bertahap dan masih memiliki bidang runtuh yang cukup besar.

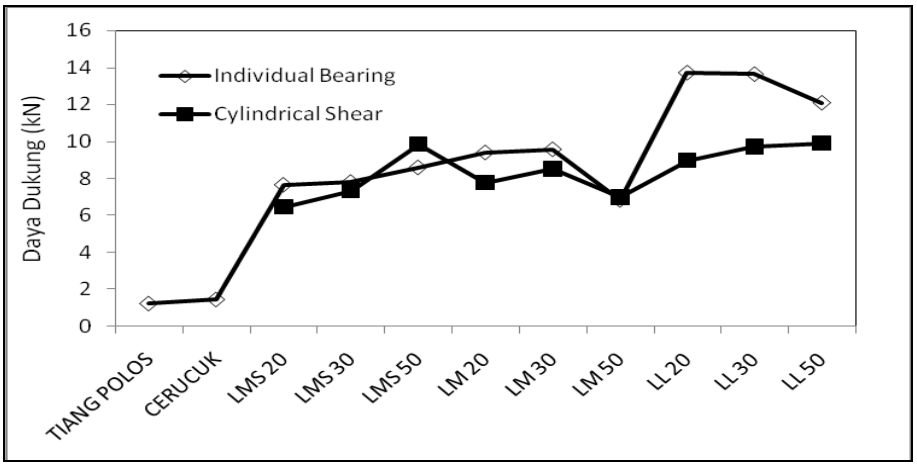


Gambar 8 Kurva Beban vs Kenaikan Pondasi Helical *LMS 20, LMS 30 dan LMS 50*

Berdasarkan bentuk dan perilaku kurva, pondasi LMS 20, LMS 30 dan LMS50 memiliki kesamaan. Pada akhir kurva masih menunjukkan peningkatan beban terhadap kenaikan. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan jumlah pelat yang sama dan diameter masing-masing pelat sama namun spasi pelat berbeda memberikan beban yang berbeda.

Perhitungan Kapasitas Aksial Pondasi *Helical* Secara Perhitungan

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.

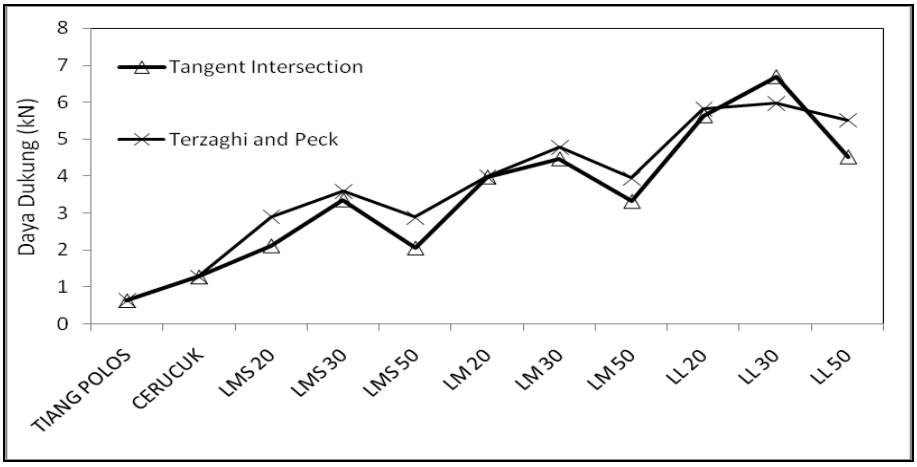


Gambar 9 Grafik Daya Dukung *Ultimate* Hasil Perhitungan

Gambar 9 menjelaskan metode *Individual Bearing* menghasilkan daya dukung tarik lebih besar dibandingkan metode *Cylindrical Shear*. Selisih perbedaan daya dukung metode *Individual Bearing* dan *Cylindrical shear* berkisar antara 0.14 sampai4.74 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 tarik paling aman dari dua metode ini.

Perhitungan Kapasitas Aksial Pondasi *Helical* Berdasarkan Hasil Pengukuran

Metode interpretasi daya dukung *ultimate* yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Tangent Intersection* dan metode *Terzaghi and Peck (1967).*

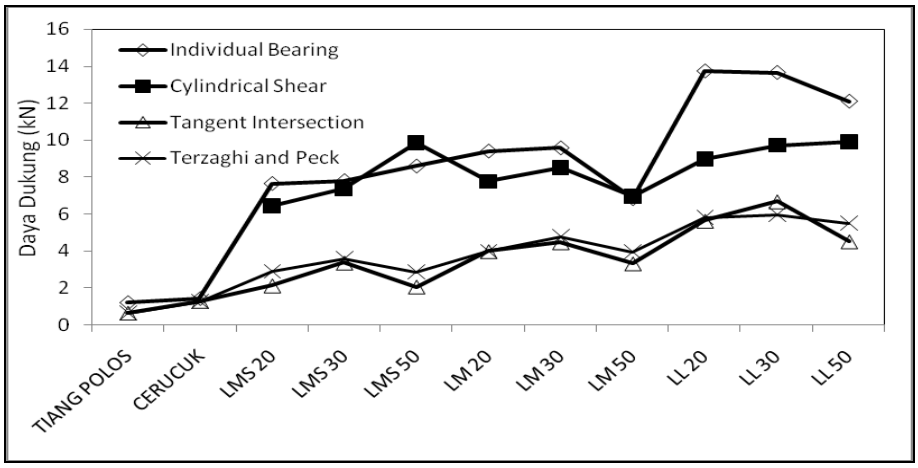


Gambar 10 Daya Dukung *Ultimate* Hasil Pengukuran

Gambar 10 menjelaskan metode *terzaghi and peck* (1967) menghasilkan daya dukung tarik lebih besar dibandingkan metode *tangent intersection*.

Analisa Daya Dukung *Ultimate* Hasil Perhitungan dan Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan telah didapatkan daya dukung *ultimate* pondasi *helical* terhadap tanah gambut. Gambar 11 memperlihatkan grafik daya dukung *ultimate* untuk semua tipe pondasi.

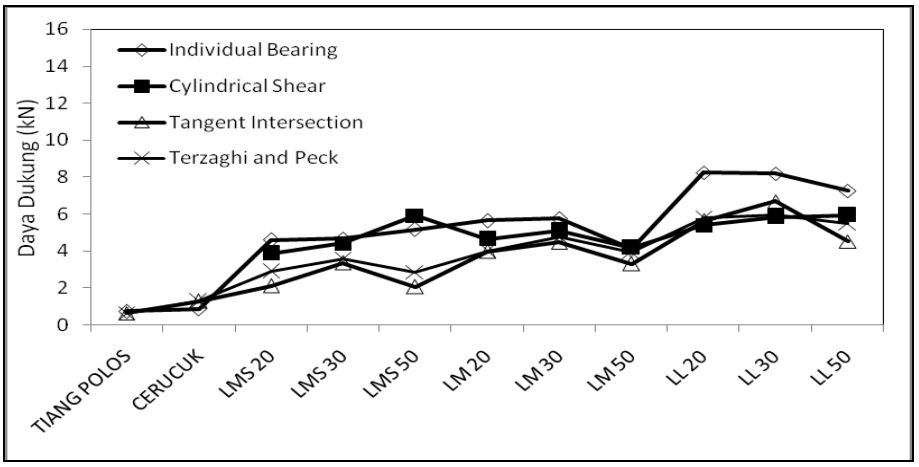


Gambar 11 Gabungan Daya Dukung *Ultimate* Perhitungan dan Pengukuran

Dari gambar tersebut terlihat bahwa kapasitas daya dukung tarik pondasi *helical* hasil pengukuran lebih mendekati metode *Cylindrical Shear* dibandingkan *Individual Bearing* dengan nilai standar *error* daya dukung hasil metode *Individual Bearing* lebih besar dari hasil metode *Tangent Intersection* sebesar 1.985. Metode *Cylindrical Shear* mendekati daya dukung hasil metode *tangent intersection* dengan standar *error* 1.677. Untuk nilai standar *error* pengukuran dengan metode *Terzaghi and Peck* (1967), daya dukung hasil metode *individual bearing* lebih besar dari metode *Terzaghi and Peck* dengan standar *error* 1.984. Metode *Cylindrical Shear* mendekati daya dukung hasil metode *Terzaghi and Peck* dengan standar *error* 1.677.

Usulan Faktor Koreksi Tanah Gambut

Berdasarkan hasil perbandingan daya dukung *ultimate* antara hasil perhitungan dan hasil pengukuran dari tiang *helical* memiliki perbedaan nilai yang cukup besar. Penggunaan faktor koreksi nilai kuat geser *undrained* (S_u) dari pengujian *field vane shear* untuk tanah gambut yang disarankan oleh Golebiewska (1983) sebesar 0,5 tidak cocok digunakan pada penelitian ini. Pernyataan tersebut dibuktikan dengan nilai standar *error* yang cukup besar dari kedua metode *Individual Plate Bearing* maupun *Cylindrical Shear*, sehingga faktor koreksi untuk nilai kuat geser *undrained* (S_u) yang disarankan pada penelitian ini diperkecil lagi untuk mendapatkan standar *error* yang lebih kecil. Faktor koreksi nilai kuat geser *undrained* (S_u) yang diambil yaitu sebesar 0,3.



Gambar 12 Grafik Daya Dukung *Ultimate* Perhitunga dan Pengukuran

Hasil perhitungan daya dukung baik metode *Individual Plate Bearing* maupun *Cylindrical Shear* pada Gambar 12 di atas menunjukkan nilai kuat geser *undrained* telah dikoreksi dengan faktor koreksi 0,3. Hasil perhitungan dengan hasil pengukuran dari tiang *helical* tidak memiliki perbedaan yang cukup besar atau hampir sama. Hal ini dibuktikan dengan nilai standar *error* untuk metode *Tangent Intersection,* daya dukung hasil metode *Individual Bearing* lebih besar dari hasil metode *Tangent Intersection* dengan standar *error* 0.329. Metode *Cylindrical Shear* mendekati daya dukung hasil metode *Tangent Intersection* dengan standar *error* 0.251. Untuk metode *Terzaghi and Peck* (1967), memperlihatkan daya dukung hasil metode *Individual Bearing* lebih besar dari metode *Terzaghi and Peck* dengan standar *error* 0.268. Metode *Cylindrical Shear* mendekati daya dukung hasil metode *Terzaghi and Peck* (1967) dengan standar *error* 0.234.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini didapatkan lima kesimpulan, pertama Beban yang ditahan oleh pondasi *helical* dipengaruhi oleh spasi pelat *helical*. peningkatan spasi pelat *helical* tidak berbanding lurus dengan peningkatan daya dukung pondasi *helical* pada tanah gambut. Daya dukung yang terbesar dihasilkan oleh spasi 30 cm pada lebar pelat *helical* 15 cm sampai 35 cm. Kedua metode daya dukung *Cylindrical Shear* menghasilkan daya dukung lebih kecil dibandingkan metode *Individual Bearing*.

Ketiga daya dukung *ultimate* pondasi *helical* LMS , LM dan LL lebih mendekati perilaku daya dukung *Cylindrical Shear* dibandingkan *Individual Bearing*. Keempat Pondasi *helical* LM, LL, dan LMS mempunyai kapasitas daya dukung lebih besar dibandingkan cerucuk berdiameter 9.38 cm. Hal ini menjelaskan, bahwa cerucuk dapat digantikan oleh pondasi *helical* sebagai pendukung struktur pada tanah gambut. Dan kelima Faktor koreksi kuat geser undrained (S_u) yang disarankan pada penelitian ini yaitu 0,30.

Saran

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

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.

Untuk peninjauan mekanisme *Cylindrical Shear* dan *Individual Bearing*, sebaiknya pondasi *helical* ditarik secara menyeluruh. Hal ini untuk memperlihatkan slinder tanah yang terbentuk akibat mobilisasi pelat.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D1997-91. 2001. *Standard Test MethodFor Laboratory Determination of The Fiber Content of Peat Samples by Dry Mass*. United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.

Bowles, J.E. (1996), *Foundation Analysis and Design*, *5th ed., McGraw-Hill*, New York, 1175 pp.

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

Lutenegger, A. J. (2009). *Cylindrical Shear or Plate Bearing? - Uplift Behavior if Multi-Helix Screw Anchors in Clay*. International Foundation Congress and Equipment Expo, 456-463.

Lutenegger, A.J., 2015. Challenges in the Design of Screw-Piles and Helical Anchors in Soils. In *Lessons Learned in Geotechnical Engineering*. Virginia, p. 14.

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.* Jurnal Teknik Sipil Vol. 18:No. 1, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

Panjaitan, S.R.N., 2013. Kajian Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Gambut Muara Batang Toru Sumatera Utara Setelah Mengalami Pemampatan Awal. *Jurnal Rancang Sipil*, 2, pp.71–89.

Prasad, Y.V.S.N. & Rao, S.N., 1996. Lateral Capacity oF Helical Pile in Clays. *Journal of geotechnical engineering*, (11), pp.938 – 941.

Roberts, L. A., Misra, A., and Leverson, S. (2008). *Practical Method for Load and Resistance Factor Design (LRFD) of Deep Foundations at the Strength and Service Limit States*. International Journal of Geotechnical Engineering, 2(4), 355-368.

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.