

PENGARUH VARIASI JARAK PELAT *HELICAL* TERHADAP KAPASITAS DAYA DUKUNG TEKAN PONDASI *HELICAL PILE* PADA TANAH GAMBUT DENGAN METODE *CONSTANT STRESS OF PENETRATION*

Randy Fadhilah¹⁾, Ferry Fatnanta²⁾, Soewignjo Agus Nugroho²⁾

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 Pos 28293

E-mail : randy.fadhilah@student.unri.ac.id

ABSTRACT

A study of the determination of helical pile bearing capacity based on static load test on peat soil has been done previously. However, the research is still covered in one method of loading which is the Constant Rate of Penetration (CRP). Therefore, it is deemed necessary to apply static load test on the helical pile on peat soils by using other loading method as a comparison. One of the test methods is Constant Stress of Penetration loading test. In this research, the helical piles used amounted to 9 piles. The loading were performed in six stages with a total load of 1200 kg. The data obtained from this test consist of settlement curve against time and loading curve against settlement. Determination of bearing capacities of helical piles were based on individual bearing and cylindrical shear method, and interpretation of test data based on Tangent Intersection and Terzaghi & Peck method. The results of the interpretation of the test data indicate that in the LMS (Large-Medium-Small) and LM (Large-Medium) helical pile groups have effective space between helical plates is from 20 to 30 cm. While in the LL (Large-Large) helical pile group, the effective space between the helical plates is from 30 to 50 cm. Based on comparison of calculation result with interpretation of test data, peat coefficient value used is 8%. Interpretation of test data tends to be closer to the cylindrical shear method with a standard error of 0.74 than the individual bearing method with standard error of 1.03.

Keywords: Helical Pile, Peat Soil, Individual Bearing, Cylindrical Shear

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara dengan persebaran lahan gambut terbesar ke empat di dunia. Menurut Wahyunto dkk (2004), luasan persebaran lahan gambut di Indonesia mencapai 20,6 juta ha. Berdasarkan sifat fisik dan mekanisnya, tanah gambut tergolong ke dalam tanah sangat lunak (*very soft soil*) dengan daya dukung yang sangat rendah dan mempunyai sifat mudah mampat jika terdapat beban yang bekerja di atasnya.

Salah satu cara tertua dan paling umum digunakan dalam penggunaan konstruksi pondasi tiang di Indonesia

adalah pondasi cerucuk. Pengerjaan konstruksi pondasi cerucuk yang murah dan mudah dalam pengerjaannya, saat ini sudah mulai banyak ditinggalkan. Salah satu alternatif konstruksi yang dapat digunakan untuk menggantikan cerucuk adalah penggunaan pondasi tiang *helical* (Alexander Mitchell, 1833).

Studi mengenai penentuan kapasitas daya dukung pondasi *helical* berdasarkan uji pembebanan statis pada tanah gambut telah dilakukan sebelumnya. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada satu metode pembebanan yaitu *constant rate of*

penetration (CRP). Berdasarkan alasan di atas, maka perlu dilakukan pengujian pondasi *helical*, dengan menggunakan suatu metode pembebanan yang dapat memberikan ilustrasi tentang bagaimana kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan. Salah satu metode pembebanan tersebut adalah pengujian pembebanan dengan metode *constant stress of penetration*.

Permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh variasi jarak pelat *helical* terhadap kapasitas daya dukung tekan pondasi *helical pile* pada tanah gambut.

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi jarak pelat *helical* terhadap kapasitas daya dukung tekan pondasi *helical* pada tanah gambut berdasarkan analisis secara teoritis dan pengujian yang dilakukan di lapangan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sifat Fisik dan Mekanis Tanah Gambut

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.

Secara fisik tanah gambut dikenal sebagai tanah yang mempunyai kandungan bahan organik dan kadar air yang sangat tinggi, angka pori yang besar, dan adanya serat-serat, serta berat volume yang kecil. Sedangkan secara mekanis tanah gambut memiliki sifat pemampatan yang tinggi dan kemampuan mendukung beban yang rendah. Pertambahan beban pada pondasi yang berada di atas suatu permukaan tanah gambut dapat menyebabkan lapisan tanah gambut mengalami pemampatan yang besar. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya penurunan tanah gambut yang sangat signifikan.

2.2 Helical Pile

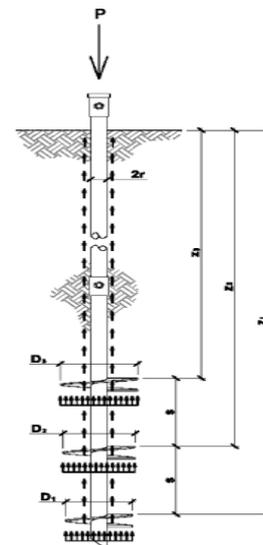
Menurut Prasad & Rao (1991), pondasi tiang *helical* atau dikenal juga dengan nama *screw anchor* adalah pondasi tiang yang terdiri dari satu atau lebih pelat *helical* yang berbentuk lingkaran yang dilas pada poros tiang baja dengan jarak pelat *helical* yang telah ditentukan.

2.3 Analisa Teoritis Kapasitas Dukung Pondasi Helical

Menurut Perko (2009), terdapat dua metode untuk menentukan daya dukung pondasi *helical* berdasarkan mekanisme tanah secara teoritis. Metode tersebut adalah metode *individual bearing* dan metode *cylindrical shear*.

2.3.1 Individual Bearing Method

Metode *Individual bearing* mengasumsikan bahwa daya dukung pondasi *helical* 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 seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme Daya Dukung Pondasi *Helical* Metode *Individual Bearing*

Sumber : (Perko, 2009)

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

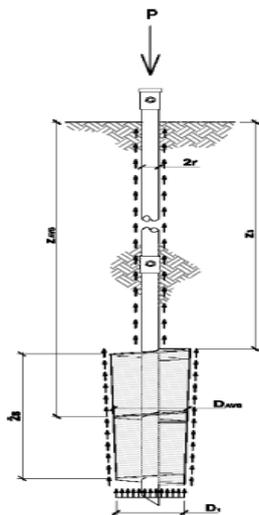
$$P_u = \sum_n q_{ult} A_n + \alpha H(\pi d)$$

dimana:

- P_u = Daya dukung pondasi *helical*
- q_{ult} = Tekanan dukung di bawah pelat *helical*
- A_n = Luas pelat *helical* ke-n
- α = Adhesi antara tanah dan tiang
- H = Panjang dari muka tanah sampai pelat *helical* paling atas
- d = Diameter *helical*

2.3.2 Cylindrical Shear Method

Di dalam metode *cylindrical shear*, seluruh volume tanah di antara pelat *helical* termobilisasi menjadi satu kesatuan yang berbentuk silinder. Pada metode ini, daya dukung pondasi *helical* merupakan penjumlahan antara daya dukung pelat *helical* bagian paling bawah, total kuat geser yang terbentuk oleh silinder tanah dengan tanah, dan adhesi antara kulit tiang dengan tanah seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme Daya Dukung Pondasi *Helical* Metode *Cylindrical Shear*

Sumber : (Perko, 2009)

Mooney et al (1985) dan Rao et al (1991) mengusulkan persamaan untuk menghitung kapasitas daya dukung pondasi *helical* berdasarkan metode *cylindrical shear* sebagai berikut.

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

dimana:

- P_u = Daya dukung pondasi *helical*
- q_{ult} = Tekanan dukung di bawah pelat *helical* paling bawah
- A_1 = Luas pelat *helical* paling bawah
- T = Tegangan geser tanah
- α = Adhesi
- H = Panjang tiang *helical* yang memberikan adhesi
- n = Jumlah pelat *helical*
- s = Spasi pelat *helical* (m)
- d = Diameter tiang *helical*
- $(n - 1) s \pi D_{avg}$ = Total luas selimut silinder yang terbentuk antara pelat

2.4 Metode Interpretasi Kapasitas Daya Dukung Tekan Pondasi

Pada penelitian ini, metode interpretasi data yang digunakan adalah metode *Tangent Intersection*, metode Terzaghi & Peck, metode Chin dan metode Mazurkiewicz.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Proses pelaksanaan studi pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan seperti studi literatur, pengambilan tanah gambut sebagai bahan pemodelan, pengujian karakteristik tanah gambut di laboratorium, pelaksanaan pemodelan pondasi, dan analisis data.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lingkungan Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Sampel tanah gambut diambil dari daerah Rimbo Panjang, Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar.

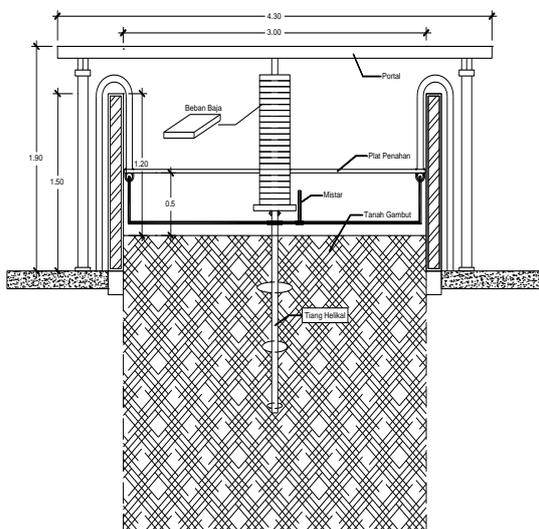
Pemodelan dilakukan di area kampus Fakultas Teknik Universitas Riau.

3.3 Alat dan Bahan

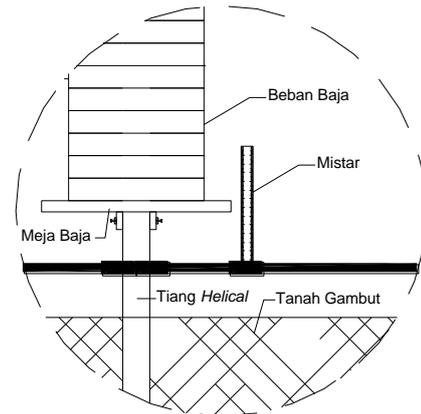
Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari :

- Seperangkat alat *field vane shear*
- Katrol dengan kapasitas 2 ton
- Mistar besi dengan ketelitian 1 mm
- Alat pemutar tiang *helical*
- Meja uji
- Beban pelat baja berbentuk persegi dengan berat masing-masing ± 50 kg dengan berat total 1200 kg
- Alat penyangga tiang
- Bak pemodelan dengan luas 3 x 6 m, yang telah diisi tanah gambut dengan kedalaman 2,8 m
- Beberapa pondasi *helical* sepanjang 2 m yang memiliki variasi jarak pelat *helical* yang berbeda-beda.

Rangkaian alat pengujian diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Skema Alat Pembebanan



Gambar 4. Rangkaian Alat Pembebanan

3.4 Penamaan Pondasi *Helical*

Pada penelitian ini terdapat dua jenis pondasi *helical* yang digunakan yaitu pondasi *helical* tanpa *helix* (tiang polos) dan pondasi *helical* dengan *helix*. Kedua pondasi *helical* ini memiliki tinggi masing-masing sebesar 2 m dengan diameter tiang sebesar 6 cm.

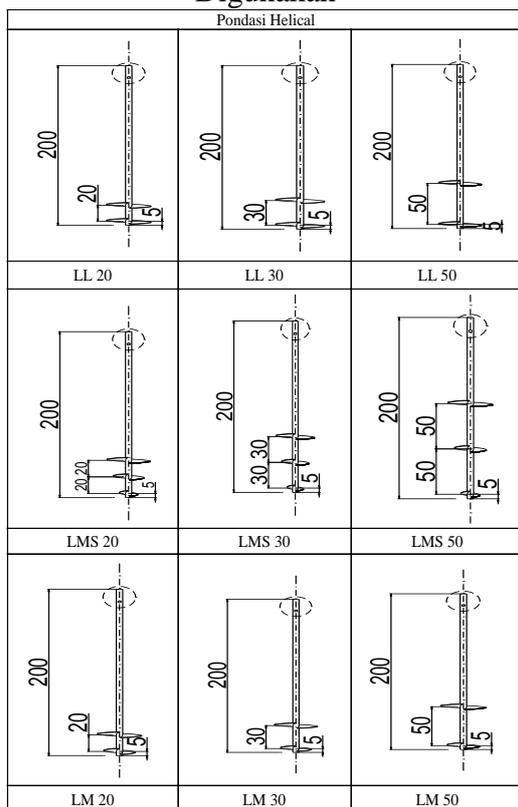
Jumlah pelat *helical* yang digunakan pada satu buah pondasi *helical* pada penelitian ini bisa terdiri dari satu buah pelat *helical* (*single*), dua buah pelat *helical* (*double*) dan tiga buah pelat *helical* (*triple*). Diameter pelat *helical* dibagi kedalam tiga kelompok, yaitu L (*large*) = 35 cm, M (*medium*) = 25 cm, dan S (*small*) = 15 cm serta jarak antar pelat *helical* sebesar 20 cm, 30 cm dan 50 cm.

Penamaan pondasi *helical* diberikan berupa kode yang didasarkan pada lebar, jumlah, dan spasi pelat *helical* yang ada. Pada pondasi *helical* yang mempunyai kode LMS 30, maka artinya adalah pondasi tersebut menggunakan 3 buah pelat *helical* dengan lebar masing-masing pelat *helical* dari atas yaitu : L (*large*) = 35 cm, M (*medium*) = 25 cm, dan S (*small*) = 15 cm dan spasi antar pelat *helical* sebesar 30 cm.

3.5 Pondasi Helical Yang Digunakan

Pondasi *helical* yang diuji pada penelitian ini dibagi kedalam 3 kelompok. Pengelompokan ini dilakukan berdasarkan pada parameter jumlah serta diameter pelat *helical* yang sama. Ketiga kelompok pondasi *helical* tersebut adalah kelompok pondasi *helical* tipe LMS, LM, dan LL. Masing-masing kelompok pondasi *helical* tersebut terdiri dari 3 buah pondasi *helical* dengan jarak antar pelat *helical* sebesar 20 cm, 30 cm, dan 50 cm. Dengan kata lain keseluruhan pondasi *helical* yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 9 buah pondasi *helical*. Adapun tipe pondasi *helical* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.

Gambar 5. Pondasi Helical Yang Digunakan



3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan. Pengujian properti dan sifat fisik tanah gambut

yang meliputi pengujian kadar air, *specific gravity*, kadar serat, berat volume, dan kadar abu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah gambut yang digunakan.

Pondasi ditanam sampai kedalaman 1,5 m. Rangkaian alat pengujian seperti pemasangan alat penyangga tiang, pemasangan meja uji, serta pemasangan mistar besi dipasang sehingga menjadi satu kesatuan rangkaian alat pengujian yang terhubung langsung dengan pondasi *helical* yang akan diuji.

Pengujian *field vane shear* ini dilakukan kurang lebih sebanyak 2 sampai 4 kali selama pengujian, mulai dari proses pembebanan dilakukan sampai proses pengurangan beban (*rebound*) selesai dilakukan. Pada penelitian ini, tahapan pembebanan dilakukan sebanyak 6 tahapan. Rencana tahapan pembebanan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rencana Tahapan Pembebanan Pondasi Helical

Tahapan Pembebanan	Beban yang diberikan (kg)
Tahap 1	200
Tahap 2	200
Tahap 3	200
Tahap 4	200
Tahap 5	200
Tahap 6	200
Total Beban	1200

Pembacaan penurunan dilakukan setelah pemberian beban selesai dilakukan untuk setiap penurunan tiang pada interval waktu tertentu hingga penurunan yang terjadi pada tiang sudah mendekati nilai konstan atau penurunan yang terjadi sudah tidak ada. Pengujian selesai dilakukan apabila penambahan beban sudah sampai pada tahap akhir pembebanan yang dalam hal ini total beban yang diberikan sudah mencapai 1200 kg atau nilai penurunan yang terjadi

pada suatu tahapan pembebanan sudah melebihi nilai penurunan yang direncanakan yaitu sebesar 25 mm.

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang hasil pengujian di lapangan dilakukan menggunakan beberapa metode interpretasi data yaitu, metode *Tangent Intersection*, metode Terzaghi & Peck, metode Chin F.k dan Metode Mazurkiewicz. Sedangkan analisa daya dukung teoritis dilakukan dengan menggunakan metode *individual bearing* dan *cylindrical shear*.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Propertis Tanah

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/cm ³	0.794	0.795
Berat Volume kering	γ_{dry} gr/cm ³	0.273	0.236
<i>Specific Gravity</i>	Gs	1.355	1.480
Kadar Abu	%	35.544	54.463
Kadar Serat	%	17.938	17.866

Sumber : Ditra (2016)

Dari hasil pengujian sifat fisik dan propertis tanah gambut yang telah dilakukan, diperoleh persentase kadar abu rata-rata sebesar 45,004 % dan persentase kadar serat rata-rata sebesar 17,902 %. Berdasarkan klasifikasi gambut menurut ASTM D 4427-92 (2002), hasil tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan kadar abu, tanah gambut ini tergolong ke dalam jenis gambut *high ash peat*. Berdasarkan kadar serat, tanah gambut ini tergolong ke dalam jenis gambut *sapric peat*.

4.2 Kuat Geser Tanah

Pada penelitian ini, pengujian kuat geser tanah dilakukan sebanyak 2 sampai 4 kali selama pengujian pembebanan berlangsung. Dalam satu rangkaian tahapan pengujian, dilakukan pengujian pada 4 titik yang berbeda pada setiap kedalaman 50 cm, 100 cm dan 150 cm. Baling-baling yang digunakan pada alat *field vane shear* adalah baling-baling terkecil yang berbentuk persegi panjang dengan dimensi 16 x 32 mm dengan faktor kalibrasi alat 2.

Nilai S_u yang dipakai untuk perhitungan daya dukung teoritis merupakan nilai rata-rata dari total jumlah rangkaian tahapan pengujian *field vane shear* yang dilakukan selama proses pembebanan aksial tiang berlangsung. Rekapitulasi nilai rata-rata kuat geser tanah untuk semua tipe pondasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Rata-rata Kuat Geser Tanah Semua Tipe Pondasi

Tipe Pondasi	S_u Rerata Constant Stress Of Penetration
	(kPa)
LMS20	46.833
LMS30	40.889
LMS50	35.318
LM20	32.778
LM30	42.889
LM50	42.444
LL20	39.778
LL30	38.083
LL50	39.917
Cerucuk (Dia 10.2 cm)	36.667
Tiang Polos	34.333

Dari hasil pengujian *field vane shear*, nilai rata-rata S_u yang didapatkan untuk semua tipe pondasi memiliki rentang nilai yang berkisar antara 32 sampai 46 kPa. Rata-rata nilai S_u adalah 39,084 kPa, nilai standar deviasi sebesar 4,167 dan standar eror sebesar 1,256. Hal ini membuat situasi dan kondisi pengujian untuk setiap tipe pondasi pada penelitian ini memiliki nilai kuat geser tanah (S_u) yang berbeda-beda untuk masing-masing pengujian. Hal ini dapat dilihat dari besaran nilai standar deviasi

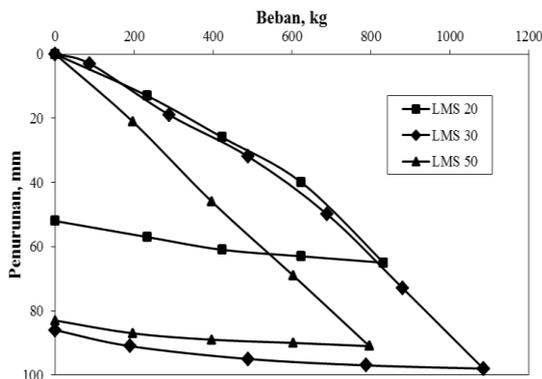
yang dihasilkan, dimana semakin besar nilai standar deviasi suatu kelompok data maka semakin bervariasi data tersebut.

4.3 Analisa Kurva Hubungan Beban Dengan Penurunan

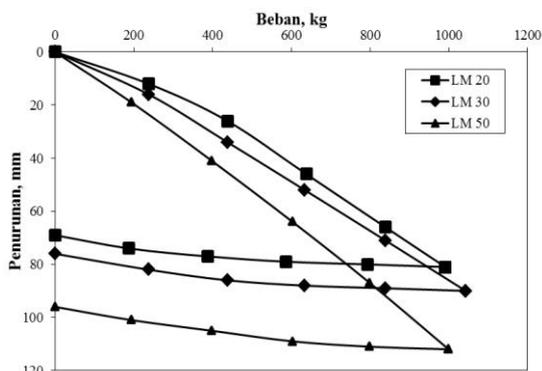
Pengujian pemodelan pondasi menghasilkan kurva hubungan antara beban dengan penurunan. Kurva hubungan beban dengan penurunan ini dapat menunjukkan perilaku dan karakteristik kekuatan daya dukung suatu pondasi.

4.3.1 Analisa Kurva Hubungan Beban Dengan Penurunan Pondasi Helical

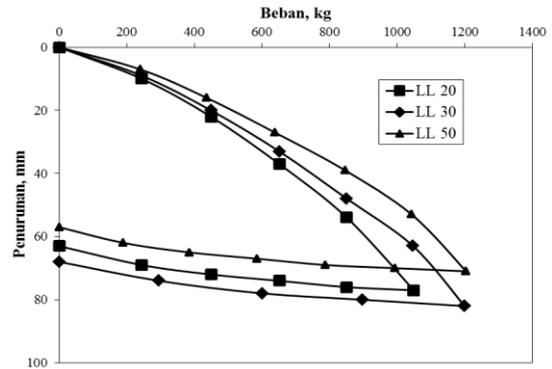
Analisa kurva hubungan beban dengan penurunan untuk kelompok pondasi helical tipe LMS, LM, dan LL dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



Gambar 6. Kurva Beban Vs Penurunan Kelompok Pondasi Helical Tipe LMS



Gambar 7. Kurva Beban Vs Penurunan Kelompok Pondasi Helical Tipe LM



Gambar 8. Kurva Beban Vs Penurunan Kelompok Pondasi Helical Tipe LL

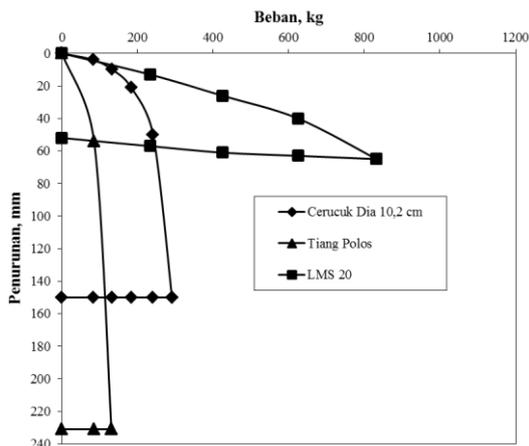
Berdasarkan bentuk dan perilaku kurva hubungan beban dengan penurunan ketiga kelompok pondasi helical di atas, pondasi helical tipe LMS, LM, dan LL memiliki kesamaan dimana pada akhir kurva masih menunjukkan peningkatan beban terhadap penurunan. Hal ini memperlihatkan bahwa bahwa kekuatan daya dukung *end bearing* lebih berkontribusi dalam memikul beban dibandingkan dua kekuatan daya dukung pondasi helical lainnya, yaitu *skin friction* dan silinder tanah yang terbentuk oleh mobilisasi pelat helical.

Selain mempunyai kesamaan, kurva hubungan beban dengan penurunan ketiga kelompok pondasi helical tersebut juga memiliki perbedaan. Dimana pada kelompok pondasi helical tipe LMS dan LM, berdasarkan besaran beban yang dihasilkan pada penurunan yang sama, beban terbesar terjadi pada pondasi helical yang memiliki spasi pelat helical 20 cm. Sedangkan pada kelompok pondasi helical tipe LL, beban terbesar terjadi pada pondasi helical yang memiliki spasi pelat helical 50 cm.

4.3.2 Analisa Kurva Hubungan Beban Dengan Penurunan Pondasi Helical, Cerucuk dan Tiang Polos

Gambar 9 memperlihatkan kurva hubungan beban dengan penurunan terhadap 3 kelompok pondasi, yaitu

pondasi *helical* LMS 20, cerucuk dia 10,2 cm, dan tiang polos.



Gambar 9. Kurva Beban Vs Penurunan Pondasi *Helical* LMS 20, Cerucuk Dia 10,2 cm, dan Tiang Polos

Gambar 9 memperlihatkan bahwa dari kurva hubungan beban dengan penurunan yang dihasilkan oleh ketiga tipe pondasi tersebut, kekuatan daya dukung *end bearing* lebih berkontribusi dalam memikul beban. Selain itu juga dapat dilihat bahwa berdasarkan besaran beban yang dihasilkan, pondasi *helical* LMS 20 menghasilkan besaran beban yang lebih besar dibandingkan pondasi cerucuk dia 10,2 cm dan tiang polos pada penurunan yang sama.

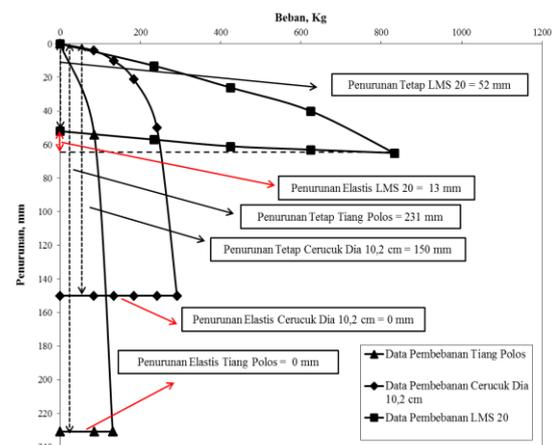
Dilihat dari ukuran diameter tiang, pondasi cerucuk mempunyai diameter tiang yang jauh lebih besar yaitu sebesar 10,2 cm sedangkan pondasi *helical* LMS 20 dan tiang polos hanya memiliki diameter tiang sebesar 6 cm. Akan tetapi, pondasi *helical* LMS 20 mempunyai 3 buah pelat *helical* dengan diameter masing-masing pelat yaitu pelat atas 35 cm, pelat tengah 25 cm, dan pelat bawah 15 cm, dengan spasi antar pelat sebesar 20 cm.

Kontribusi dari pelat *helical* inilah yang menyebabkan kemampuan pondasi *helical* LMS 20 dalam memikul beban menjadi lebih besar dibandingkan dengan cerucuk dia 10,2 cm dan tiang polos. Berdasarkan hasil analisa di atas dapat

disimpulkan bahwa pondasi *helical* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk menggantikan pondasi cerucuk sebagai pendukung struktur di atas tanah gambut.

4.4 Penurunan Elastis dan Penurunan Tetap Pondasi

Penurunan elastis ditentukan berdasarkan seberapa besar nilai kenaikan yang dihasilkan dari proses pengurangan beban (*rebound*). Sedangkan penurunan tetap pondasi ditentukan berdasarkan besaran nilai penurunan akhir yang diperoleh setelah nilai kenaikan yang dihasilkan telah mencapai nilai konstan atau besaran nilai kenaikan yang terjadi sudah tidak ada. Gambar 10 memperlihatkan penurunan elastis dan penurunan tetap terhadap 3 kelompok pondasi, yaitu pondasi *helical* tipe LMS 20, cerucuk dia 10,2 cm, dan tiang polos.

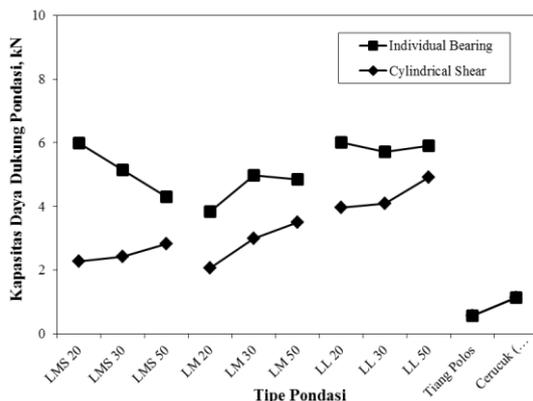


Gambar 10. Penurunan Elastis dan Penurunan Tetap Pondasi *Helical* LMS 20, Cerucuk Dia 10,2 cm, dan Tiang Polos

Pada Gambar 10 terlihat bahwa pada pondasi *helical* tipe LMS 20, terjadi penurunan elastis sebesar 13 mm dan penurunan tetap sebesar 52 mm. Sedangkan pada pondasi cerucuk dan tiang polos, hanya terjadi penurunan tetap sebesar 150 mm dan 231 mm tanpa disertai dengan adanya penurunan elastis.

4.5 Perhitungan Kapasitas Aksial Pondasi *Helical* Secara Teoritis

Analisa kapasitas aksial pondasi *helical* secara teoritis dikerjakan dengan menggunakan 2 metode, yaitu *individual bearing* dan *cylindrical shear*. Gambar 11 menampilkan grafik hasil perhitungan kapasitas aksial untuk setiap pondasi yang diuji pada penelitian ini.



Gambar 11. Grafik Daya Dukung Tekan Pondasi Secara Teoritis

Dari Gambar 11 terlihat bahwa berdasarkan hasil analisa perhitungan secara teoritis, pondasi *helical* mempunyai daya dukung tekan lebih besar dibandingkan dengan pondasi cerucuk maupun tiang polos. Gambar 10 tersebut juga memperlihatkan bahwa metode *individual bearing* menghasilkan daya dukung tekan lebih besar dibandingkan dengan metode *cylindrical shear*.

4.6 Perhitungan Kapasitas Aksial Pondasi *Helical* Berdasarkan Hasil Pengujian

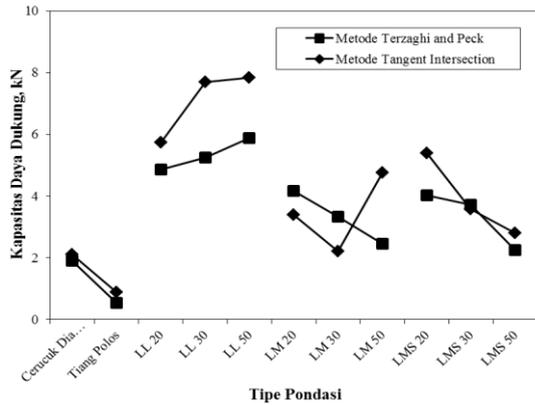
Pada penelitian ini, terdapat 4 metode interpretasi data yang digunakan untuk menentukan besaran nilai kapasitas daya dukung pondasi *helical*. Keempat metode tersebut adalah metode *Tangent Intersection*, metode Terzaghi & Peck, metode Chin dan metode Mazurkiewicz. Pada penerapannya di lapangan, tidak semua metode interpretasi data ini dapat digunakan untuk menentukan kapasitas

daya dukung suatu pondasi. Hal ini sangat bergantung pada hasil pengambilan data yang dilakukan.

Pada penelitian ini, interpretasi data metode Chin dinilai tidak cocok digunakan untuk menentukan besaran nilai kapasitas daya dukung pondasi *helical*. Hal ini karena nilai kapasitas daya dukung yang dihasilkan cenderung lebih besar (*over estimate*) dibandingkan metode lainnya serta memberikan nilai kapasitas daya dukung yang sama untuk beberapa jenis pondasi yang berbeda. Sedangkan pada metode Mazurkiewicz, pengaplikasiannya dinilai juga tidak dapat digunakan pada penelitian ini. Hal ini terjadi karena garis yang menghubungkan perpotongan besaran beban pada tiap interval penurunan tidak saling berhubungan sehingga garis yang menunjukkan besaran nilai kapasitas daya dukung pada metode ini tidak bisa diperoleh.

Dari beberapa alasan di atas, maka metode interpretasi kapasitas daya dukung *ultimate* yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Tangent Intersection* dan Terzaghi & Peck. Pemilihan kedua metode ini dilakukan karena kedua metode ini dinilai dapat memberikan hasil interpretasi data yang bisa digunakan secara menyeluruh untuk semua jenis pondasi yang diuji serta pengaplikasiannya yang cenderung lebih mudah dibandingkan beberapa metode interpretasi data lainnya.

Rekapitulasi nilai kapasitas daya dukung *ultimate* yang dihasilkan untuk seluruh tipe pondasi berdasarkan hasil interpretasi data kedua metode tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.

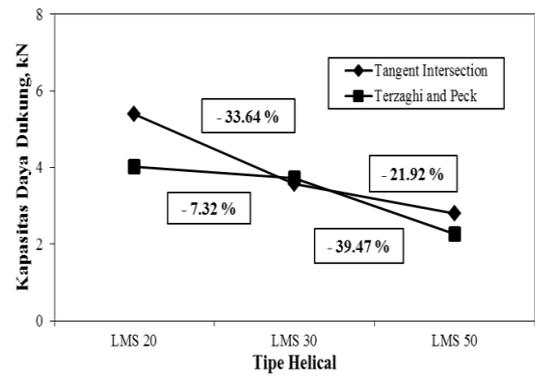


Gambar 12. Daya Dukung *Ultimate* Hasil Pengujian Beban Aksial Tekan

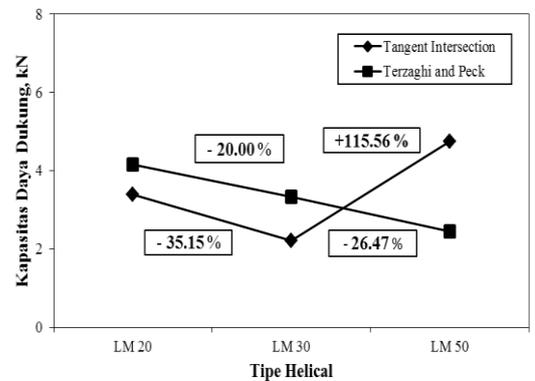
Berdasarkan hasil interpretasi data dari kedua metode di atas, jarak efektif antar pelat *helical* yang menghasilkan nilai kapasitas daya dukung terbesar pada kelompok pondasi *helical* tipe LMS dan LM berdasarkan interpretasi data metode Terzaghi & Peck berkisar antara 20 sampai 30 cm. Dalam hal ini, jarak pelat *helical* 50 cm dinilai terlalu besar untuk ukuran diameter pelat L (35 cm), M (25 cm), atau S (15 cm). Sedangkan untuk kelompok pondasi *helical* tipe LL, jarak efektif antar pelat *helical* yang menghasilkan nilai kapasitas daya dukung terbesar berkisar antara 30 sampai 50 cm.

4.7 Pengaruh Jarak Antar Pelat *Helical*

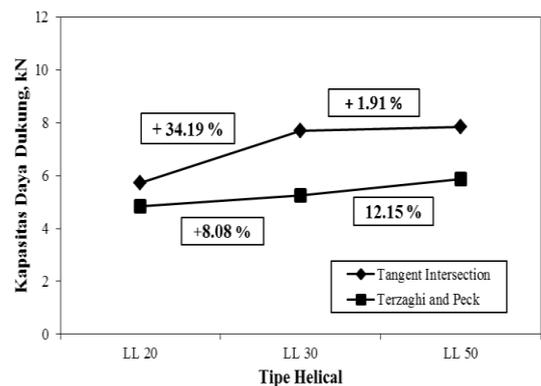
Analisa perilaku pertambahan jarak pelat *helical* terhadap kapasitas daya dukung pondasi *helical* ini memperlihatkan seberapa besar persentase pertambahan atau penurunan nilai kapasitas daya dukung pondasi *helical* akibat adanya pertambahan jarak antar pelat *helical*. Gambar 13, Gambar 14, dan Gambar 15 memperlihatkan grafik persentase perilaku pertambahan jarak pelat *helical* terhadap kapasitas daya dukung tekan pondasi *helical* pada kelompok pondasi *helical* tipe LMS, LM, dan LL.



Gambar 13. Analisa Pengaruh Variasi Jarak Pelat *Helical* Kelompok Pondasi *Helical* LMS



Gambar 14. Analisa Pengaruh Variasi Jarak Pelat *Helical* Kelompok Pondasi *Helical* LM



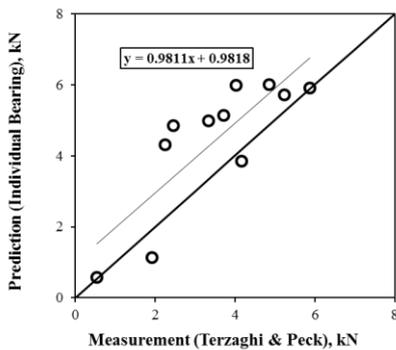
Gambar 15. Analisa Pengaruh Variasi Jarak Pelat *Helical* Kelompok Pondasi *Helical* LL

Berdasarkan hasil analisa perilaku pertambahan jarak pelat *helical* terhadap kapasitas daya dukung tekan pondasi *helical* di atas dapat disimpulkan bahwa,

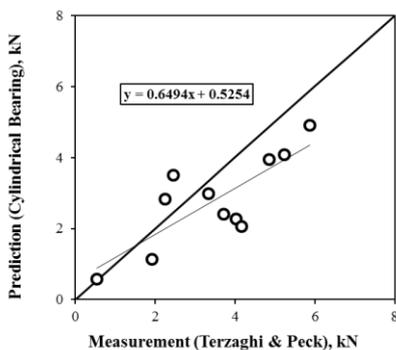
pada kelompok pondasi *helical* tipe LMS dan LM jarak antar pelat *helical* yang efektif untuk digunakan adalah antara 20 sampai 30 cm, karena penambahan jarak pelat *helical* mengakibatkan terjadinya penurunan persentase kapasitas daya dukung pondasi *helical*. Sedangkan pada kelompok pondasi *helical* tipe LL, jarak antar pelat *helical* yang efektif digunakan adalah antara 30 sampai 50 cm, karena penambahan jarak pelat *helical* akan mengakibatkan terjadinya penambahan persentase nilai kapasitas daya dukung pondasi *helical*.

4.8 Analisa Daya Dukung Ultimate Antara Teoritis dan Pengujian

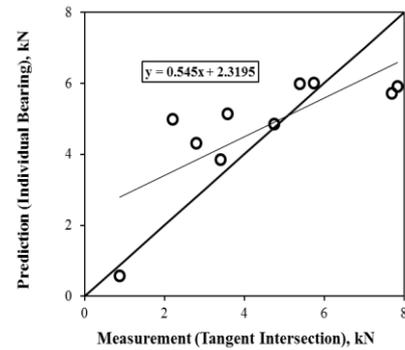
Analisa perbandingan nilai kapasitas daya dukung hasil analisa secara teoritis dengan pengujian di lapangan dapat dilakukan dengan cara membuat suatu grafik perbandingan dari kedua hasil analisa tersebut sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 16 berikut ini.



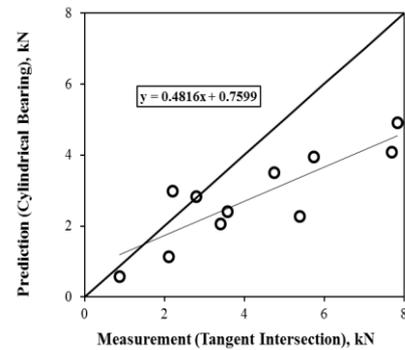
(a) *Individual Bearing Vs Terzaghi & Peck*



(b) *Cylindrical Shear Vs Terzaghi & Peck*



(c) *Individual Bearing Vs Tangent Intersection*



(d) *Cylindrical Shear Vs Tangent Intersection*

Gambar 16. Daya Dukung Ultimate Teoritis Vs Pengujian

Berdasarkan grafik perbandingan di atas, untuk metode Terzaghi & Peck, metode *individual bearing* menghasilkan kapasitas daya dukung yang lebih besar dibandingkan hasil pengujian dengan standar *error* 1,03. Sedangkan metode *cylindrical shear* lebih mendekati daya dukung hasil pengujian dengan standar *error* 0,74.

Untuk metode *Tangent Intersection*, metode *individual bearing* menghasilkan kapasitas daya dukung yang lebih besar dibandingkan hasil pengujian dengan standar *error* 1,19. Sedangkan metode *cylindrical shear* lebih mendekati daya dukung hasil pengujian dengan standar *error* 0,65.

Jadi berdasarkan analisa tersebut, daya dukung *ultimate* tekan pondasi *helical* LMS, LM, dan LL berdasarkan interpretasi data pengujian di lapangan lebih mendekati metode daya dukung

teoritis *cylindrical shear* dibandingkan metode *individual bearing*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kurva hubungan beban vs penurunan pondasi *helical*, cerucuk, dan tiang polos didominasi oleh kekuatan daya dukung *end bearing*.
2. Kurva hubungan beban dengan penurunan yang dihasilkan berdasarkan besaran beban pada penurunan yang sama untuk pondasi *helical* tipe LMS dan LM, beban terbesar terjadi pada pondasi yang memiliki spasi pelat *helical* 20 cm. Sedangkan pada pondasi *helical* tipe LL, beban terbesar terjadi pada pondasi yang memiliki spasi pelat *helical* 50 cm.
3. Pondasi *helical* tipe LMS, LM, dan LL mempunyai kapasitas daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan cerucuk berdiameter 10,2 cm. Hal ini menjelaskan, bahwa cerucuk dapat digantikan oleh pondasi *helical* sebagai pendukung struktur pada tanah gambut.
4. Analisa kapasitas daya dukung secara teoritis berdasarkan metode *cylindrical shear* menghasilkan daya dukung lebih kecil dibandingkan metode *individual bearing*.
5. Berdasarkan interpretasi data pengujian di lapangan, daya dukung *ultimate* pondasi *helical* LMS, LM, dan LL lebih mendekati perilaku daya dukung *cylindrical shear* dibandingkan *individual bearing*.
6. Kapasitas daya dukung pondasi *helical* dipengaruhi oleh jarak antar pelat *helical*. Pada kelompok pondasi *helical* tipe LMS dan LM, jarak antar pelat *helical* yang efektif digunakan adalah antara 20 sampai 30 cm, karena penambahan jarak pelat *helical* menghasilkan penurunan persentase kapasitas daya dukung pondasi *helical*. Sedangkan pada kelompok pondasi

helical LL, jarak antar pelat *helical* yang efektif digunakan adalah antara 30 sampai 50 cm karena penambahan jarak pelat *helical* akan menghasilkan penambahan persentase nilai kapasitas daya dukung tiang.

5.2 Saran

1. Penggunaan alat pembacaan penurunan (*dial gauges*), dirasa perlu untuk dilakukan pada penelitian ini agar data yang dihasilkan lebih akurat.
2. Untuk pemberian beban aksial pada pondasi dengan metode pembebanan *constant stress of penetration* ini, sebaiknya konstruksi penyangga tiang dipasang pengaku yang lebih kokoh agar tiang tidak mengalami goyangan selama pengujian dilakukan.
3. Ketebalan tanah pada bak pemodelan, sebaiknya ditambah minimal $\frac{1}{2}$ dari tinggi dinding bak. Hal ini bertujuan agar kedalaman penanaman tiang serta penurunan yang terjadi tidak sampai menyentuh dasar kolam.
4. Pemasangan alat ukur kedalaman tanah dirasa perlu dilakukan untuk mengetahui penyusutan ketebalan tanah yang terjadi selama penelitian dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Meene, V. D., 1984. *Geological Aspects of Peat Formation In The Indonesian-Malaysian 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.

Perko Howard, A.2009. *Helical Piles (A Pratical Guide to Design and Installation)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc

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.

Wahyunto dkk. 2005. *Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan 2004 (Buku 3)*. Bogor : Wetlands International Indonesia Programme