ANALISIS PERILAKU PONDASI TIANG *HELICAL* PADA TANAH GAMBUT MENGGUNAKAN METODE *FINITE ELEMENT*

Azhar Riady[1)], Muhammad Yusa[2)], Ferry Fatnanta [2)]
[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 28293
Email : azhar.riady@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The study related to the determination bearing capacity of helical pile in peat soil has been conducted previously. This study is costly and requires an extra effort, thus it is necessary to find another approach to determine bearing capacity of helical pile. In this study helical pile was modelled using finite element method of Optum G2 application program which aimed to estimate bearing capacity. The program is easily accessible, relatively simple to use and provide a wide variety of examples related geotechnical engineering problem. Peat soil was modelled based on Mohr coulomb criteria and the helical pile is classified as LL helical pile which modelled in this study. Determination of bearing capacity of helical pile was done by comparing the settlement between the results of the field finding and the computation using Optum G2. The settlement in this study consist of the two types of settlements, loading and unloading. The results from modelling indicated that settlement in loading test are similar to those on the field tests. However, for unloading test there is a difference between field test and modelling. This suggest that the model of Mohr coulomb criteria is inapplicable for the peat soil.

Keywords : Helical Pile, Peat Soil, Finite element method, Soil nailing, Optum G2

.

A. PENDAHULUAN

Tanah gambut memiliki ciri-ciri kemampatan yang tinggi dan kuat geser yang rendah. Karakterisitik tanah gambut tersebut menyebabkan tanah tidak mampu menahan beban struktur diatasnya. Hal ini menimbulkan permasalahan baru yang umum dihadapi di bidang geoteknis, antara lain penurunan tanah, daya dukung yang rendah, dan waktu konsolidasi yang lama. Oleh karena itu diperlukan penanganan khusus pada tanah gambut. Penggunaan *helical pile* sebagai pengganti pondasi cerucuk terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas dukung tanah pada gambut.

Helical pile merupakan pondasi yang dilengkapi dengan pelat *helical* dalam jumlah dan spasi tertentu, pondasi ini telah lama digunakan untuk mendukung kestabilan struktur terhadap gaya tekan, angkat, lateral, dan guling. Pemasangan pondasi *helical* membutuhkan mesin hidrolik untuk memutar pondasi searah jarum jam. Pemasangan pondasi *helical* tidak menghasilkan efek samping seperti: getaran dan suara sebagaimana pada metode *hammer pile* dan menimbulkan limbah air atau tanah pada metode *bore pile*. Selain itu daya dukung pondasi bisa diukur secara langsung melalui konversi torsi yang dihasilkan saat memutar pondasi *helical* (Ralan, 2016).

Terdapat 2 metode dalam menghitung kapasitas dukung pondasi *helical*, yaitu pengujian di lapangan dan simulasi. Pengujian di lapangan memiliki hasil yang akurat yang dapat mewakili kondisi yang

sebenarnya terjadi di lapangan. Sedangkan simulasi dilakukan dengan pemodelan menggunakan program. Pada penelitian ini dilakukan simulasi pemodelan pondasi *helical* pada tanah gambut dengan menggunakan program *Optum G2*.

Simulasi menggunakan program memiliki beberapa keunggulan, diantaranya tidak membutuhkan biaya yang mahal dibanding pengujian langsung di lapangan. sedangkan kelemahannya, apabila hasil yang diperoleh dari penggunaan program jauh berbeda dengan pengujian dilapangan maka hasil tersebut tidak bisa dijadikan rujukan.

Penggunaan program *Optum G2* terdapat beberapa kelebihan yaitu *Optum G2* menyediakan berbagai contoh pemodelan suatu kasus geoteknis beserta detail penjelasannya sehingga pengguna program dipermudah dalam memahamai penggunaan program *Optum G2*. Selain itu program *Optum G2* dapat diakses secara gratis oleh mahasiswa selama mahasiswa mempunyai akun email yang terasosiasi dengan universitasnya. Diharapkan penggunaan program *Optum G2* mampu memprediksi parameter input tanah secara akurat sehingga besaran nilai kapasitas dukung yang dihasilkan mendekati hasil pengujian di lapangan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Definisi Dan Klasifikasi Tanah Gambut

Menurut ASTM D 2607 (1969), tanah gambut dapat diklasifikasikan berdasarkan pada jenis tumbuhan pembentuk serat dan kandungan serat yang ada didalamnya. Sedangkan menurut ASTM D 4427-92 (2002) tanah gambut diklasifikasikan berdasarkan kadar serat, kadar abu, tingkat keasaman dan tingkat penyerapan.

B.2 Properti Fisik Tanah Gambut

Penelitian mengenai sifat fisik tanah gambut di indonesia telah banyak dilakukan yaitu penelitian Yulianto (2007), Karisma (2007), Nugroho dkk (2010), Panjaitan (2013), Prasetyo (2014). Kadar air, berat jenis, *specific gravity*, kadar serat, kadar organik, dan kadar abu merupakan properti fisik tanah gambut yang paling sering dilakukan penelitian. Adapun properti fisik pada tanah gambut yang digunakan pada program *Optum G2*, yaitu berat volume.

B.3 Properti Mekanis Tanah Gambut

Selain properti fisik tanah juga memiliki properti mekanik, yaitu sifat ketika tanah menerima beban. Adapun properti mekanis yang digunakan dalam program Optum G2 sebagai parameter input, yakni sebagai berikut :

1. Modulus elastisitas tanah
2. *Poisson ratio*
3. Kohesi
4. Sudut geser dalam
5. Permeabilitas

B.4 Pondasi *Helical*

Menurut Prasad & Rao(1996), pondasi pondasi *helical* atau dikenal juga dengan *screw anchor* adalah pondasi pondasi yang terdiri dari satu atau lebih pelat *helical* yang berbentuk lingkaran yang dilas pada poros pondasi baja dengan jarak pelat *helical* yang telah ditentukan. Sedangkan menurut (Manual, 2014) Pondasi *helical* adalah pondasi yang memiliki satu atau lebih pelat baja yang mengelilinginya.

B.5 Kapasitas Dukung Pondasi *Helical*

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

B.5.1 Metode *individual bearing*

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 faktor adhesi (*friction*) antara kulit pondasi *helical* dengan tanah.

B.5.1 Metode *cylindrical shear*

Sedangkan metode *cylindrical shear*, seluruh volume tanah diantara pelat *helical* termobilisasi menjadi satu kesatuan yang

berbentuk silinder. Menurut Mooney dkk (1985), metode ini cocok digunakan untuk memprediksi kapasitas daya dukung aksial pondasi *helical pile*.

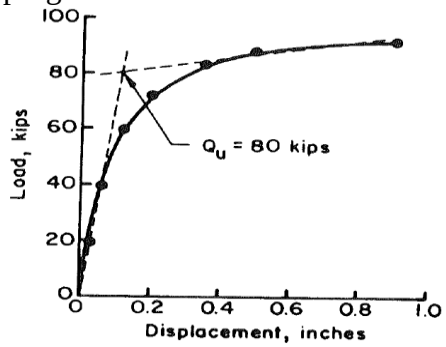
B.6 Metode Interpretasi Kapasitas Daya Dukung Tekan Pondasi

Terdapat bebarapa metode interpretasi data yang dapat digunakan untuk menentukan kapasitas daya dukung tekan pondasi berdasarkan hasil pengujian pembebanan secara langsung di lapangan. Pada penelitian ini, metode interpretasi data yang digunakan adalah metode *Tangent Intersection* dan metode Terzaghi & Peck.

B.6.1 Metode *Tangent Intersection*

Menurut Trautmann and Kulhawy (1988) di dalam jurnal Abdullah (1999), prosedur metode *Tangent Intersection* dalam menentukan daya dukung *ultimate* adalah sebagai berikut :

1. Membuat kurva original beban vs penurunan.
2. Menggambarkan garis lurus yang sejajar dan pararel dengan kurva awal dari kurva beban vs penurunan. Garis ini mewakilkan kurva awal yang menunjukkan penurunan elastis pondasi.
3. Menggambarkan garis lurus yang sejajar dan paralel dengan kurva akhir yang menunjukan penurunan yang progesif.



Gambar 1 Interpretasi Daya Dukung *Ultimate* Metode *Tangent Intersection*
Sumber : (Alan J Lutenegger, 1995)

Gambar 1 menunjukkan perpotongan dua garis yang merupakan daya dukung *ultimate.*

B.6.2 Metode Terzaghi & Peck

Metode Terzaghi & Peck (1967) merupakan metode penentuan daya dukung *ultimate* berdasarkan beban yang sesuai dengan penurunan 25 mm (Q_{25}). Berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menyatakan bahwa metode Terzaghi & Peck lebih konservatif dibandingkan beberapa metode lainnya.

B.7 Penggunaan Perangkat Lunak *Optum G2*

Optum G2 merupakan salah satu Program 2D yang berbasis elemen hingga *finite element*) yang dikembangkan secara spesifik untuk menganalisis deformasi, *mesh*, stabilitas dalam permasalahan di bidang geoteknik. Untuk melakukan analisis, terlebih dahulu pengguna harus merencanakan pemodelan geometri.

Secara keseluruhan penggunaan Program *Optum G2* terbagi menjadi 3 tahap, yaitu input data, analisis, dan output. Masing-masing tahapan tersebut memiliki fitur sebagai berikut :

1. Input data

   Input data meliputi membuat dan memodifikasi model geometri sehingga sesuai dengan kasus yang direncanakan
2. Analisis

   Setelah pemodelan dibuat, ditentukan jenis analisis yang akan digunakan.
3. Output

   Tahapan akhir setelah menentukan jenis analisis yaitu *ouput*. Pada tahapan ini akan diperoleh dari hasil *running* Program *Optum G2*. Secara umum output dapat berupa hasil *meshing*, deformasi yang terjadi akibat pemberian beban, dan penurunan.

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Sampel dan Peralatan

Sampel yang dimodelkan dengan simulasi adalah tanah penelitian Randy (2018) yang berasal Rimbo Panjang Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau.

Tanah gambut yang dimodelkan merupakan bak gambut yang berukuran 3 x 2,8 m. Pondasi *helical* tersebut ditanam pada kedalam 1,5 m dibawah permukaan tanah.

Sedangkan peralatan yang digunakan yakni komputer dengan menggunakan *program Optum G2*.

C.3 Prosedur Penelitian

C.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan paling awal yang bertujuan untuk memperoleh gambaran masalah untuk diteliti. Materi yang digunakan sebagai referensi berasal dari berbagai sumber, yaitu buku, jurnal nasional dan jurnal internasional yang berkaitan dengan bidang ilmu geoteknik, terutama mengenai tanah gambut dan pondasi *helical*.

C.3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai permasalahan yang ditinjau. Data dapat berupa hasil pengujian tanah gambut di laboratorium, maupun data yang diperoleh dari referensi penelitian terkait topik dari penelitian ini.

C.3.4 Studi Program *Optum G2*

Langkah berikutnya yaitu mempelajari Program *Optum G2*. Langkah ini merupakan langkah utama dalam penelitian ini, diantaranya cara kerja Program, fitur-fitur yang terdapat pada *Optum G2* ini.

C.3.5. Input Parameter Tanah

Data yang telah diperoleh saat pengumpulan data akan digunakan sebagai parameter input dalam Program *Optum G2*. Data uji laboratorium, kondisi awal tanah, letak muka air dan pemodelan geometri merupakan data input yang digunakan dalam Program *Optum G2*.

C.3.6. *Running Optum G2*

Selanjutnya yaitu melakukan *running* pada Program *Optum G2*. Tahapan ini menentukan jenis analisis yang akan digunakan dalam pemodelan. Pada *Optum G2* terdapat beberapa jenis analisis dengan output yang berbeda. Contohnya penggunaan *limit analysis* untuk memperoleh luaran daya dukung tanah.

C.3.7. Hasil dan Pembahasan

Setelah output dari *running* Program diperoleh, analisis dilakukan untuk mengetahui perilaku pondasi *helical* pada tanah gambut. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dan studi kasus untuk menganalisi perilaku pondasi *helical* pada tanah gambut terhadap gaya tekan.

C.3.8. Kesimpulan

Sebagai tahap akhir dari penelitian, kesimpulan-kesimpulan yang terkait dengan proses pemodelan pondasi *helical* pada tanah gambut sebagai informasi untuk penelitian berikutnya. Melalui kesimpulan ini dapat pula diketahui keunggulan dan kelemahan penggunaan Program *Optum G2*.

D. Hasil dan Pembahasan

D.1 Data Tanah

Tanah dimodelkan berdasarkan kriteria keruntuhan *Mohr Coulomb*. Tanah terdiri dari 2 lapisan. Lapisan pertama merupakan tanah gambut dari penelitian Randy (2018). Lapisan selanjutnya merupakan asumsi, yakni tanah lempung yang berada dibawah tanah gambut. Secara rinci dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter tanah

Parameter	Satuan	*Mohr Coulomb*	
		Peat	*Stiff Clay*
Tipe	-	*Drained*	*Undrained*
H	(m)	1.8	1.2
γ_{sat}	(kN/m^3)	12	21
γ_{unsat}	(kN/m^3)	11	21
E	(MPa)	0.3 - 3	50
υ		0.2 – 0.3	0.25
Φ	(°)	25 – 35	22
C	(kPa)	1 – 3	20
k	(m/s)	10^{-5} - 10^{-8}	10^{-4}

D.2 Data Meja Uji dan Pondasi *Helical*

Terdapat 2 buah struktur yang dimodelkan menggunakan program Optum G2, yaitu pondasi *helical* dan meja uji pembebanan. Pada pondasi helical pelat dan tiang dimodelkan menjadi 2 geometri terpisah. Secara rinci dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Input Pondasi *Helical* dan Meja Uji

Parameter	Pondasi *Helical*	Pelat L	Pelat M	Pelat S	Meja Uji 1
Model	Connector	Plate	Plate	Plate	Plate
Berat (Kg)	-	-	-	-	34.14
Diameter (cm)	6	35	25	15	-
Sectional Area (cm^2)	28.274	962.113	490.874	176.715	2713.92
Plastis Modulus (cm^3)	-	4209.243	1533.981	88.357	11941.25
Momen Inersia (cm^4)	-	73,661.757	19,174.76	331.340	630497.89
Modulus Elastisitas (MPa)	$2x10^5$	$2x10^5$	$2x10^5$	$2x10^5$	$2x10^5$
Kuat Leleh (MPa)	345	345	345	345	345

Keterangan:
[1]digunakan pada simulasi
[2]digunakan pada simulasi dan studi kasus

D.3 Data Pembebanan

Beban dimodelkan sebagai *distributed load* yaitu beban terdistribusi merata dalam satuan berat perluasan dengan berat merupakan total berat pelat beban dan luasan dari meja uji (kN/m^2).

Terdapat 2 macam beban yang dimodelkan yaitu beban pada simulasi dan beban pada studi kasus

D.3.1 Beban Pada Simulasi

Pada simulasi, pondasi helical diberikan beban sebesar 1 kPa untuk mengetahui daya dukung pondasi *helical.*

D.3.1 Beban Pada Studi Kasus

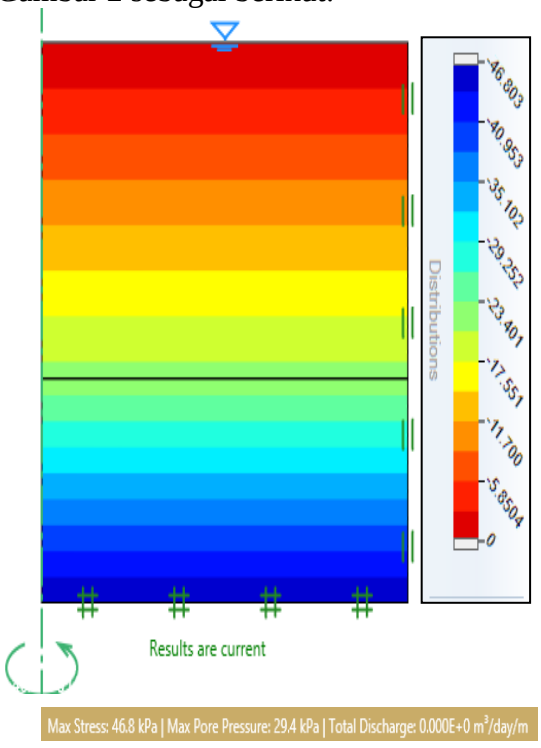
Pada tahapan ini, pondasi *helical* diberikan beban secara bertahap sebanyak 6 tahapan dengan masing-masing tahapan sebesar 200 kg. Pada studi kasus terdapat 3 jenis pondasi *helical* yang dimodelkan yakni LL20, LL30, dan LL50. Contoh pembebanan secara bertahap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Pembebanan pada *helical* LL20

Lapangan (Kg)	Beban – Meja (Kg)	Beban (kN/m^2)
(a)	(b) = (a) - Meja	(c) = (b) / V
244.14	210	7.23
449.14	415	14.46
651.14	617	21.69
851.14	817	28.92
1049.14	1015	36.15
1049.14	1015	36.15
851.14	817	28.92
651.14	617	21.69
449.14	415	14.46
244.14	210	7.23

D.4 Kondisi Awal Tanah

Hasil *running* program *Optum G2* pada kondisi awal tanah, dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. *Deformed mesh* kondisi awal

Berdasarkan hasil analisis, tegangan awal yang diperoleh pada pemodelan kondisi *existing* adalah sebesar 46,8 kPa.

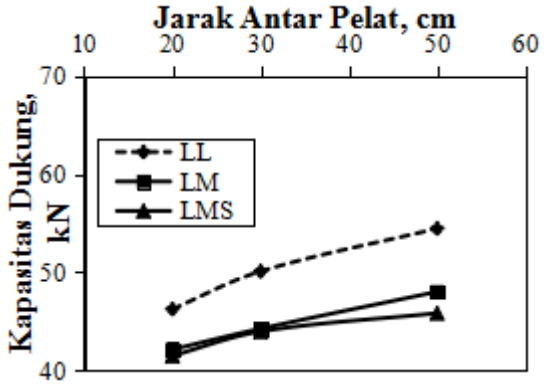
D.5 Simulasi

Pada tahapan ini dilakukan pemodelan pondasi *helical* untuk mengetahui pengaruh pertambahan atau pengurangan dari jarak spasi, diameter, dan jumlah pelat terhadap besaran daya dukung pondasi *helical* menggunakan *Optum G2*. Ketiga parameter tersebut dianalisis berdasarkan tipe pondasi *helical*.

D.5.1 Analisis Pengaruh Jarak Spasi Terhadap Kapasitas Dukung Tekan Pondasi Helical Menggunakan Optum G2

Analisis pengaruh pertambahan jarak pelat *helical* terhadap kapasitas daya dukung pondasi *helical* ini menunjukkan seberapa besar pertambahan atau pengurangan kapasitas daya dukung akibat adanya pengaruh pertambahan atau pengurangan jarak antar pelat *helical* apabila dimodelkan menggunakan *Optum G2*.

Gambar 3 menunjukkan pengaruh jarak spasi pondasi *helical* terhadap kapasitas daya dukung tekan pada seluruh tipe pondasi *helical* menggunakan *Optum G2*. Pada pemodelan pondasi *helical* tipe LL, LM dan LMS peningkatan jarak spasi menunjukkan kenaikan nilai kapasitas dukung

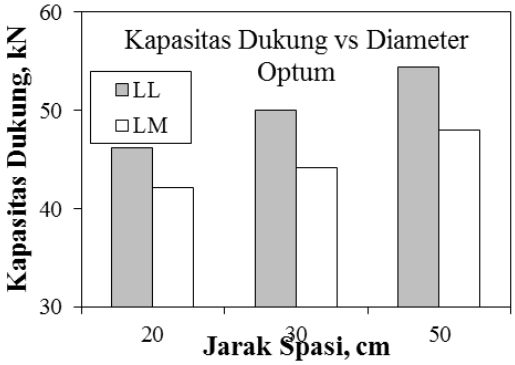


Gambar 3 Kurva pengaruh jarak spasi terhadap kapasitas dukung menggunakan *Optum G2*

D.5.2 Analisis Pengaruh Diameter Terhadap Kapasitas Dukung Tekan Pondasi Helical Menggunakan Optum G2

Analisis pengaruh diameter *helical* terhadap kenaikan atau pengurangan kapasitas dukung *helical* dapat ditentukan dengan membandingkan kapasitas dukung pada kelompok pondasi LL dan kelompok pondasi LM.

Pada Gambar 4 memperlihatkan pengaruh diameter pada pelat bawah antara kelompok pondasi LL dan kelompok Pondasi LM menggunakan *Optum G2*. berdasarkan Gambar tersebut, kelompok pondasi LL dengan diameter 35 cm menghasilkan kapasitas dukung yang lebih besar dibandingkan dengan kelompok *helical* LM dengan variasi diameter 35 cm dan 25 cm.



Gambar 4 Kurva pengaruh diameter terhadap kapasitas dukung menggunakan *Optum G2*

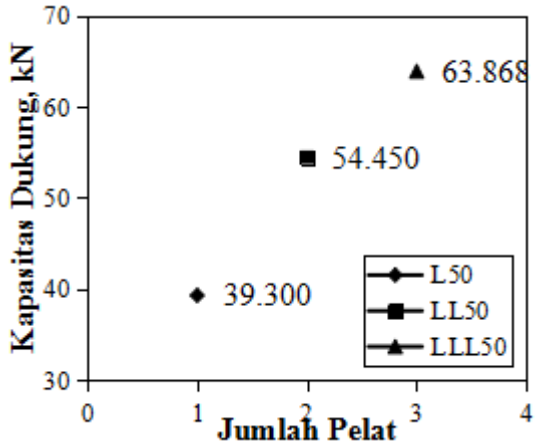
D.5.3 Analisis Pengaruh Jumlah Pelat Terhadap Kapasitas Dukung Tekan Pondasi Helical Menggunakan Optum G2

Analisis pengaruh jumlah pelat terhadap kapasitas dukung tekan pada simulasi dibagi menjadi 2 yaitu pengaruh jumlah pelat pada diameter yang sama dan pengaruh jumlah pelat pada diameter yang berbeda.

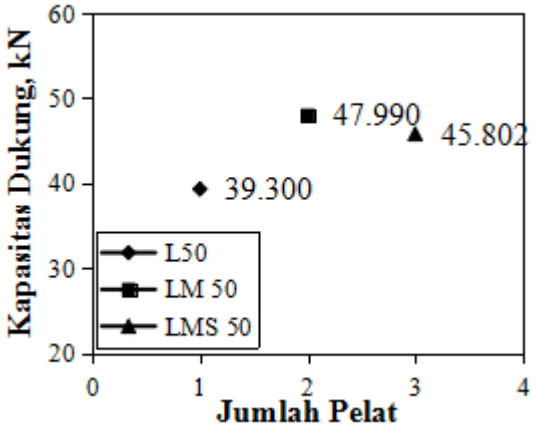
Pengaruh jumlah pelat pada diameter yang sama dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 dilakukan perbandingan kapasitas dukung pondasi *helical* menggunakan *Optum G2* pada L50, LL50, dan LLL50. Hasil *running* menunjukkan pertambahan pada jumlah pelat berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas dukung pondasi *helical* dengan diameter yang sama.

Sedangkan pengaruh jumlah pelat pada diameter yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar 6 tersebut menunjukkan perbedaan nilai kapasitas pada pondasi *helical* L50, LM50, dan LMS50 dengan dimodelkan menggunakan *Optum G2*. Hasil *running Optum G2* memperlihatkan bahwa pondasi *helical* LM50 dengan jumlah pelat 2

menghasilkan kapasitas dukung terbesar yaitu 47,990 kN, selanjutnya pondasi *helical* LMS 50 yang terdiri 3 buah pelat dengan kapasitas dukung sebesar 45,802 kN. Pondasi *helical* L50 menghasilkan kapasitas dukung terkecil sebesar 39,300 kN dengan 1 buah pelat *helical.*



Gambar 5 Pengaruh jumlah pelat diameter sama menggunakan *Optum G2*

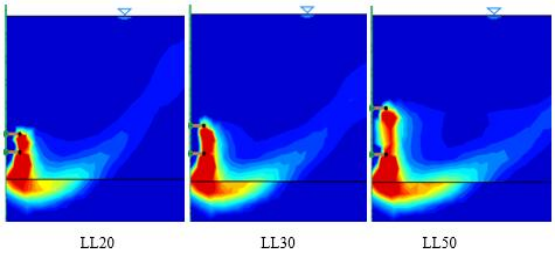


Gambar 6 Pengaruh jumlah pelat diameter beda menggunakan *Optum G2*

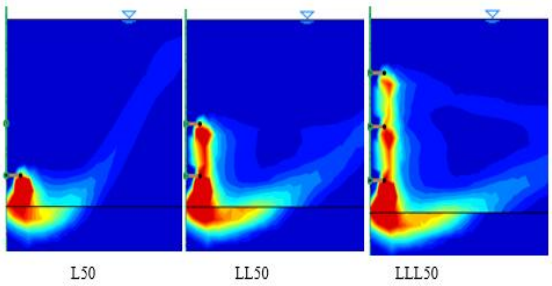
D.5.4 Analisis Mekanisme Keruntuhan Pondasi *Helical* Terhadap Tekan Menggunakan *Optum G2*

Analisis mekanisme keruntuhan pondasi *helical* terhadap tekan memperlihatkan deformasi yang terjadi pada tanah gambut apabila diberikan beban aksial dengan menggunakan *Optum G2*. Secara teoritis mekanisme keruntuhan pada pondasi *helical* terdiri dari 2 macam, yaitu *individual bearing* dan *cylindrical shear*. Kedua jenis keruntuhan ini dapat dimodelkan dengan jelas menggunakan *Optum G2*.

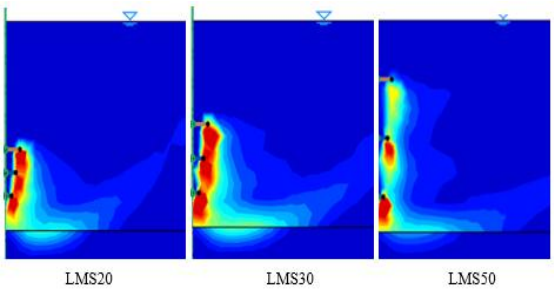
Pada Optum, penentuan kedua jenis keruntuhan sangat dipengaruhi berdasarkan S/D helical. S merupakan jarak antar spasi dan D merupakan diameter pelat helical. Apabila S/D semakin kecil, maka tampilan mekanisme keruntuhan dari pondasi helical cenderung berperilaku seperti cylindrical shear. Sebaliknya apabila nilai S/D semakin besar, maka tampilan dari deformasi pada Optum G2 menyerupai individual bearing. Berikut merupakan hasil mekanisme keruntuhan pada berbagai tipe pondasi helical yang diperlihatkan pada Gambar 7 sampai Gambar 11.



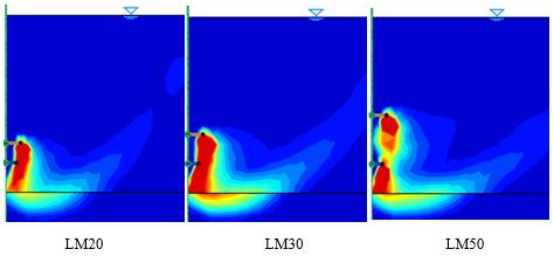
Gambar 7 Perilaku Keruntuhan pada LL



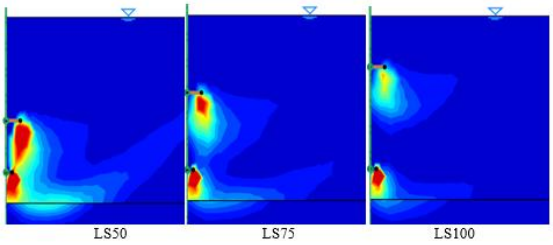
Gambar 8 Perilaku Keruntuhan pada LL



Gambar 9 Perilaku Keruntuhan pada LMS



Gambar 10 Perilaku Keruntuhan pada LM



Gambar 11 Perilaku Keruntuhan pada LS

D.6 Studi Kasus

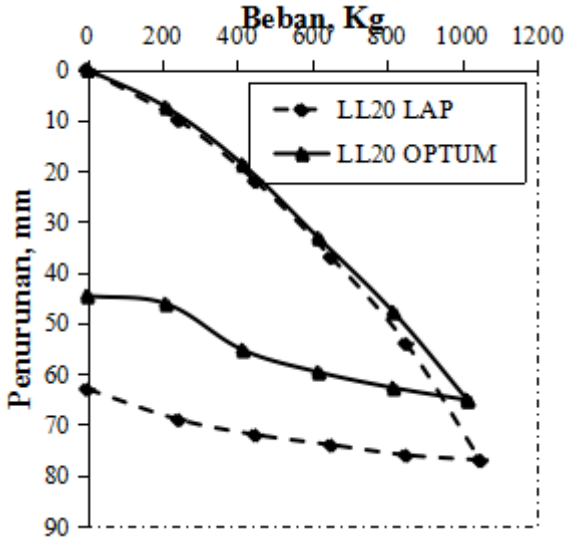
Pada tahapan ini melakukan proses *trial and error* untuk memperoleh parameter tanah dengan cara membandingkan penurunan pondasi *helical* antara hasil pengujian di lapangan dengan hasil *running Optum G2*. Penurunan pada *Optum G2* yang paling mendekati penurunan di lapangan, parameternya akan dijadikan parameter input pada sub bab studi kasus. Penurunan yang diperoleh akan dimasukkan kedalam kurva hubungan beban dengan penurunan. Adapun parameter tanah yang diuji yakni modulus elastisitas, kohesi, dan sudut geser dalam.

Tabel 3 menunjukkan proses *trial and error* parameter tanah yang digunakan pada Program *Optum G2*. Proses *trial and error* ini dilakukan pada pondasi *helical* LL20, LL30, dan LL50. Terdapat 8 percobaan yang dilakukan.

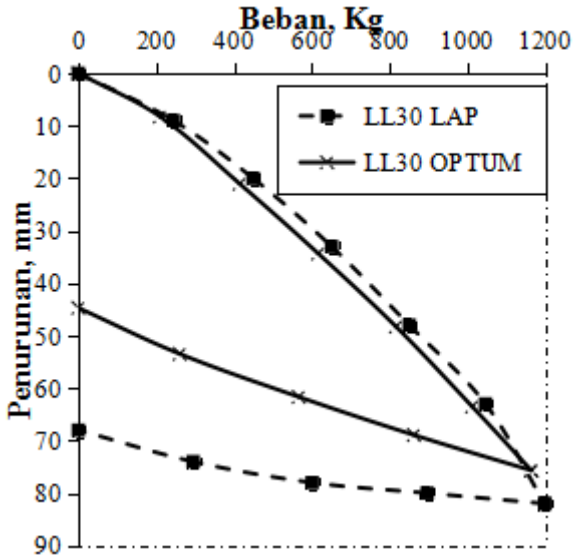
Tabel 3 Uji *trial and error* parameter tanah

Parameter	Percobaan							
	1	2	3	4	5	6	7	8
E (MPa)	1,2	1	1,5	1,2	1,2	1	1	1
υ	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,3	0,3
C kPa)	2	2	2	2	2	2	3	2,5
Φ (°)	35	35	35	30	27,5	35	35	35
γ_{sat} (kN/m^2)	12	12	12	12	12	12	12	12
γ_{unsat} (kN/m^2)	11	11	11	11	11	11	11	11

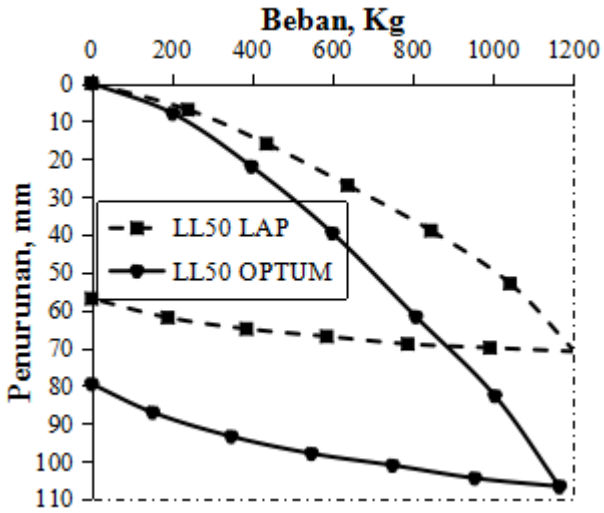
Pada uji *trial and error* diperoleh Percobaan 3 menghasilkan penurunan yang paling mendekati hasil penurunan di lapangan baik pada pondasi *helical* LL20, LL30, dan LL50. Adapun perbandingan kurva hubungan beban hasil running Optum G2 dengan hasil pengujian di lapangan dapat dilihat pada Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.



Gambar 12 Kurva hubungan beban dengan penurunan pada pondasi LL20



Gambar 13 Kurva hubungan beban dengan penurunan pada pondasi LL30



Gambar 14 Kurva hubungan beban dengan penurunan pada pondasi LL50

E. Kesimpulan dan Saran

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis pengaruh jarak antar spasi terhadap kapasitas dukung menggunakan *Optum G2* didapatkan bahwa pertambahan jarak antar spasi menghasilkan peningkatan kapasitas dukung pondasi *helical* LL, LM, dan LMS pada tanah gambut. Sedangkan pada pengujian di lapangan, peningkatan jarak menunjukkan pola yang tidak beraturan.
2. Analisis pengaruh diameter terhadap kapasitas dukung menggunakan *Optum G2* didapatkan bahwa diameter (L=35cm) menghasilkan kapasitas dukung terbesar pada pondasi *helical* LL dan LM. Hal tersebut berbanding lurus dengan pengujian di lapangan. Diameter pelat paling bawah (L=35cm) sangat mempengaruhi kapasitas dukung pondasi *helical* baik pada pengujian di lapangan maupun hasil komputasi *Optum G2*.
3. Analisis pengaruh jumlah pelat terhadap kapasitas dukung menggunakan *Optum G2* dibagi menjadi 2 yaitu jumlah pelat dengan diameter *helical* yang sama dan jumlah pelat dengan diameter *helical* yang berbeda. Pada analisis jumlah pelat dengan diameter yang sama didapatkan pertambahan jumlah pelat menghasilkan dukung pondasi yang lebih besar pada pondasi L50, 2L50, dan 3L50. Sedangkan analisis jumlah pelat dengan diameter yang berbeda terhadap kapasitas dukung dimodelkan pondasi *helical* L50, LM50, dan LMS 50. L50 dengan 1 pelat menghasilkan kapasitas dukung terbesar, selanjutnya LMS dengan 3 pelat dan kapasitas terkecil pada LM50 dengan 2 pelat. Pada pengujian di lapangan, peningkatan jumlah pelat menghasilkan kapasitas dukung yang lebih besar.
4. Mekanisme keruntuhan pada pondasi *helical* menggunakan *Optum G2* dipengaruhi oleh S/D. Pada pondasi *helical* LL, LM, LMS dengan jarak spasi 20 cm, 30 cm dan 50 cm mekanisme keruntuhan berbentuk *cylindrial shear*. Sedangkan pada pondasi *helical* LS dengan jarak spasi 50 cm, 75 cm, dan 100 cm pola keruntuhan mendekati *individual bearing.*
5. Terdapat 3 parameter tanah yang mempengaruhi besaran kapasitas dukung pondasi *helical* pada Program *Optum G2* diantaranya modulus elastisitas, kohesi, dan sudut geser dalam. Proses *trial and error* dilakukan untuk mengetahui pengaruh masing-masing parameter tanah dalam bentuk kurva hubungan beban dan penurunan. Peningkatan nilai modulus elastisitas menghasilkan penurunan yang lebih kecil, sehingga kapasitas dukung yang dihasilkan semakin besar. Hal yang serupa berlaku pada parameter kohesi dan sudut geser dalam. Peningkatan kedua parameter tersebut berbanding lurus dengan besaran nilai kapasitas dukung pondasi *helical*.
6. Perbandingan kurva beban dengan penurunan antara hasil pengujian di lapangan dengan menggunakan

Optum G2 didapatkan bahwa pada saat penambahan beban (*loading*) hasil pengujian menggunakan *Optum G2* mendekati penurunan di lapangan. Sedangkan pada saat pengurangan beban (*unloading*) kedua kurva tersebut memiliki perbedaan penurunan yang cukup signifikan.

E.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

Penggunaan model keruntuhan *Mohr Coulomb* dalam memodelkan tanah gambut pada pondasi *helical* menggunakan program *Optum G2* kurang cocok digunakan. Hal ini disebabkan kurva hubungan beban dan penurunan yang diperoleh dari *running Optum G2* pada beban *unloading*, memiliki perbedaan yang cukup signifikan dengan penurunan di lapangan. Oleh karena itu diusulkan alternatif berupa pemodelan tanah menggunakan *modified cam clay (MCC).*

Daftar Pustaka

Adi, S. (2016). Analisis Pengaruh Variasi Diameter Pelat Helical Terhadap Daya Dukung Pondasi Helical Pada Tanah Gambut, 1–8.

Al-ani, Haider, Oh, Erwin, Chai, & Gary. (2013). Engineering Properties of Peat in Estuarine Environment.

Al-Mhaidib, A. I. (1999). Bearing Capacity of a Model Pile in Sand Under Different Loading Rates, (February).

ASTM D 4427 – 92. (2002). Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing 1, *92*(Reapproved), 5–7.

Azhar, A., Ismail, W. N. B., Ezree, A., & Nizam, Z. (2017). Effect of Different Peat Size and Pre-Consolidation Pressure of Reconstituted Peat on Effective Undrained Shear Strength Properties.

Bezuijen, A., & Lottum, H. Van. (2005). *Tunneling. A Decade of Progress GeoDelft*.

Boelter, D. H. (1968). Important Physical Properties of Peat Materials.

Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis And Design Fifth Edition*.

Das, B. M. (2010). *Principles Of Geotechnical Engineering*.

Ditra, R. (2016). Analisis Pengaruh Jarak Pelat Helical Terhadap Daya Dukung Tekan Helical Pile Pada Tanah Gambut, 1–8.

Dykes, A. P., Gunn, J., Convery, K. J., & Kirk, N. (2008). Geomorphology Landslides in blanket peat on Cuilcagh Mountain , northwest Ireland. *Geomorphology*, *102*(3–4), 325–340. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.04.003

Edil, T. B. (2003). Recent Advances in Geotechnical Characterization and Construcion Over Peats and Organic Soils. 2nd International Conferences in Soft Soil Engineering and Technology.

Facilities, A. D. of T. and P. (2007). Alaska Geotechnical Procedures Manual, (May).

Fadhilah, R. (2018). Pengaruh Variasi Jarak Pelat Helical Terhadap Kapasitas Daya Dukung Tekan Pondasi Helical Pile Pada Tanah Gambut Dengan Metode Constant Stress Of Penetration.

Fatnanta, F. (2017). Karakteristik Daya Dukung Lateral Pondasi Helical Pada Tanah Gambut, (October).

Hendry, M. T., Sharma, J. S., Martin, C. D., & Barbour, S. L. (2012). Effect of fibre content and structure on anisotropic elastic stiffness and shear strength of peat, *415*, 403–415.

Hidayat, R. (2016). Analisis Pengaruh Jumlah Pelat Helical Terhadap Kapasitas Daya Dukung Lateral Pondasi Helical Pada Tanah Gambut, 1–6.

Hsi, J., Gunasekara, C., & Nguyen, V. (2005). Characteristics of Soft Peats , Organic Soils and Clays, Colombo-Katunayake Expressway, Sri Lanka.

Huat, B. B. K., Kazemian, S., Prasad, A., & Barghchi, M. (2011). A study of the compressibility behavior of peat stabilized by DMM : Lab Model and FE analysis, *6*(1), 196–204.

Huat, B. B. K., Prasad, A., Asadi, A., & Kazemian, S. (2004). Geotechnics of Organic Soils and Peat, 11–23.

Karisma, A. P. (2012). Pengaruh Penggunaan Mikroorganisme Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kekuatan Tanah Gambut Dengan Uji Triaksial CU Dan CBR.

Karunawardena, W.A, Oka, F., & Kimoto, S. (2015). Prediction Of Consolidation Behavior Of Sri Lankan Peaty Clay Using An Elasto-viscoplastic Theory, (August).

Lutenegger, A. J., & Adams, M. T. (1998). Bearing Capacity of Footings on Compacted Sand.

Manual, E. D. (2014). Engineering Design Manual Rev 02.

Nugroho, S. ., Nizam, K., & Yusa, M. (2010). Perilaku Daya Dukung Ultimit Pondasi Dangkal di Atas Tanah Lunak yang Diperkuat Geogrid, (July 2016).

OPTUM, G. (2017a). Analysis.

OPTUM, G. (2017b). Examples.

OPTUM, G. (2017c). Features.

OPTUM, G. (2017d). Material.

OPTUM, G. (2017e). Optum Computational Engineering.

OPTUM, G. (2017f). Theory.

Panjaitan, S. R. N. (2013). Kajian Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Gambut Muara batang Toru Sumatera Utara Setelah Mengalami Pemampatan Awal, *2*, 71–89.

Perko, H. A., & Wiley, J. (2009). *Helical Piles : A Practical Guide to Design and Installation*.

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

Prasetyo. (2014). Pengaruh Penambahan Campuran Gypsum dan garam pada gambut rawa pening, 37–56

Rahayu, W., Lisdiyanti, P., & Pratama, R. E. (2015). Tanah Gambut Melalui Uji Triaksial Consolidated Undrained dan Unconsolidated Undrained, *22*(3), 201–208.

Rao, S. N., Prasad, Y. V. S. N., & Shetty, M. D. (1991). The Behavior Of Model Screw Piles In Cohesive Soils, *31*.

Rowe, R. K., & Maclean, M. D. (1984). Analysis of a geotextile-reinforced embankment constructed on peat, (1981).

Sibarani, A. S. (2017). Pengaruh Jarak, Jumlah dan Diameter Helix Pada Pondasi Screw Pile Terhadap Beban Aksial Pada Tanah Gambut (Full Scale), (1), 94–104.

Susandi, Oksana, & Arminuddin, A. T. (2015). Analisis Sifat Fisika Tanah Gambut Pada Hutan Gambut di Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar Provinsi Riau, *5*(2), 23–28.

Susila, E. (2012). Settlement of a Full Scale Trial Embankment on Peat in Kalimantan : Field Measurements and Finite Element Simulations, *19*(3), 249–264.

Sutejoa, Y., Dewi, R., Hastuti, Y., & Rustam, R. K. (2016). ENGINEERING PROPERTIES OF PEAT IN OGAN. *Teknologi*, *3*, 61–69.

Waruwu, A., Panjaitan, S. R. N., & Masri, M. (2012). Perilaku Pemampatan Tanah Gambut Berserat, *26*, 1–10.

Wilayah, D. P. dan P. (2002). Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak.

Wong, L. ., Hashim, R., & Ali, F. . (2009). A Review on Hydraulic Conductivity and Compressibility of Peat. *Applied Sciences*.

Yulianto, F. estu. (2017). Perilaku Tanah Gambut Berserat Permasalahan dan Solusinya, (December).