

ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER PELAT *HELICAL* TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI *HELICAL* PADA TANAH GAMBUT

Sapria Adi¹⁾, Ferry Fatnanta¹⁾, Syawal Satibi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: sapria.adi@student.unri.ac.id

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: fatnanto1964@gmail.com

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: syawalsatibi@gmail.com

ABSTRACT

Application of helical pile to support structures constructed over peat is still a new method. Moreover, helical pile can provide an alternative to wood pile. The research is necessary to develop this foundation. There were 6 different helical piles, wood pile, and plain pile embedded in peat. Every pile was under static axial compressive load based on constant rate of penetration procedure. The test results show that, load-settlement curves of helical piles behave in ways that show end bearing. According to the curve, helical piles with 2 and 3 plates using diameter of bottom plate at least 25 cm can carry greater load compared to wood piles at same settlement. Helical pile with only one plate is not effective to replace wood pile. Their bearing capacity are not much different relatively. Based on interpretation result, helical pile with two plates has greater ultimate bearing capacity than three plates. The difference of ultimate bearing capacity is caused by the diameter size of bottom helical plate. The bigger diameter of helical plate is attached, the greater ultimate bearing capacity is.

Keywords: Helical Pile, Plate Diameter, Peat, Bearing Capacity, Wood Pile

1. PENDAHULUAN

Pondasi *helical* 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, dan lateral (D&B Engineering Contractors Inc, 2009). Penggunaan pondasi *helical* sebagai pendukung struktur pada tanah gambut masih termasuk metode baru. Penelitian diperlukan dengan tujuan menentukan seberapa baik daya dukung pondasi *helical*.

Pada penelitian ini dilakukan studi mengenai perilaku pengaruh variasi diameter pelat *helical* terhadap daya dukung pondasi *helical* pada tanah gambut. Hal yang melatarbelakangi penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi diameter pelat, sehingga dapat mendesain kapasitas daya dukung tekan pondasi *helical* pada tanah gambut dengan tepat dan efisien.

Selain pengujian pondasi *helical*, cerucuk dan tiang polos diuji beban aksial tekan. Tujuan pengujian adalah memberikan perbandingan daya dukung tekan setiap model pondasi. Hasil pengujian tersebut diharapkan mampu menjadikan pondasi *helical* sebagai alternatif pengganti cerucuk yang sudah sulit didapat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daya Dukung Pondasi *Helical*

Berdasarkan mekanisme, daya dukung pondasi *helical* ditentukan dengan dua metode, yaitu *individual bearing* dan *cylindrical shear* (Perko, 2009). *Individual bearing* mengasumsikan daya dukung *helical pile* terdiri dari dua tahanan, yaitu daya dukung tanah di bawah masing – masing pelat dan adhesi (*skin friction*). Sedangkan metode *cylindrical shear* merupakan perpaduan antara daya dukung ujung dibawah pelat paling dasar, kuat geser

yang terbentuk oleh silinder tanah dengan tanah, dan adhesi.

Individual bearing :

$$P_u = \sum_n q_{ultn} \cdot A_n + \alpha H(\pi d) \dots \dots \dots (1)$$

Cylindrical shear :

$$P_u = q_{ult1} \cdot A_1 + T(n - 1)\pi D_{avg} + \alpha H(\pi d) \dots \dots \dots (2)$$

q_{ultn} = Tekanan dukung di bawah pelat *helical* ke – n (kPa)

A_n = Luas pelat *helical* ke – n (m²)

q_{ult1} = Tekanan dukung di bawah pelat *helical* paling bawah (kPa)

A_1 = Luas pelat paling bawah (m²)

T = Tegangan geser tanah (kPa)

α = Adhesi (kPa)

H = Jarak dari muka tanah sampai pelat *helical* paling atas (m)

d = Diameter tiang *helical* (m)

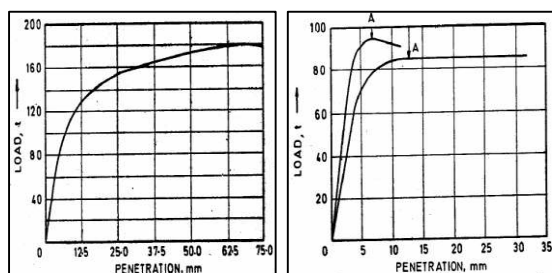
n = Jumlah pelat *helical*

s = Spasi pelat *helical* (m)

D_{avg} = Diameter rerata pelat *helical* (m)

2.2 Kurva Beban Vs Penurunan

Daya dukung suatu pondasi pada umumnya terdiri dari dua ketahanan, yaitu *skin friction* dan *end bearing*. Kurva beban vs penurunan dapat menunjukkan perilaku dan karakteristik daya dukung suatu pondasi.



a. end bearing

b. skin friction

Gambar 2.1 Kurva Beban Vs Penurunan
(Bureau of Indian Standards, 1985)

Gambar 2.1a merupakan kuva yang menggambarkan dominasi kekuatan *end bearing*. Kurva *end bearing* masih mempunyai suatu kemiringan pada akhir kurva (Terzaghi, 1996). Hal ini menandakan suatu peningkatan beban terhadap peningkatan penurunan. Dominasi *skin friction* ditunjukkan pada Gambar 2.1b. Pada

akhir kurva terlihat, saat pondasi menyentuh penurunan tertentu, tren kurva tiba – tiba membentuk suatu garis lurus.

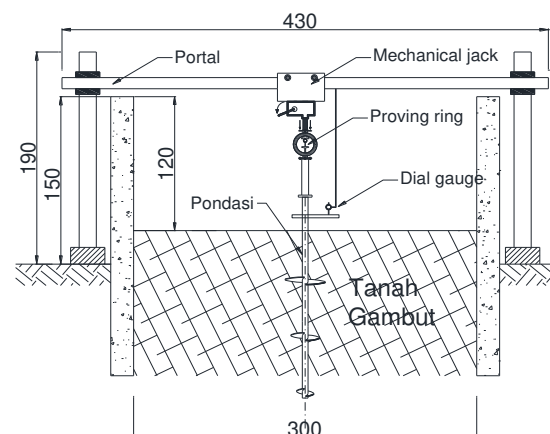
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

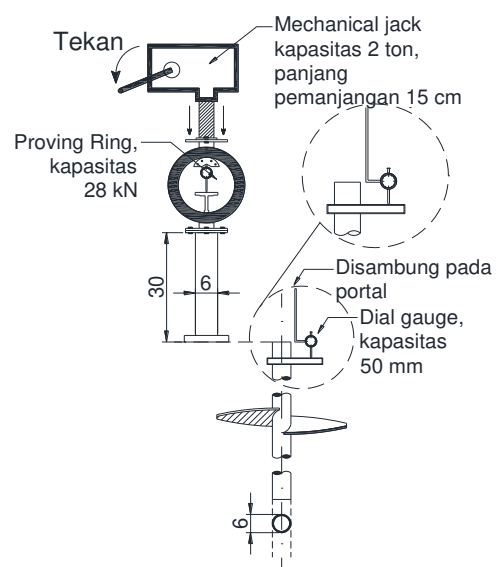
Tanah gambut diambil dari daerah Rimbo Panjang, kabupaten Kampar. Rangkaian alat pengujian diperlihatkan pada Tabel 3.1, Gambar 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Alat Uji

<i>Mechanical jack</i>	Kapasitas 5 ton
<i>Proving ring</i>	Kapasitas 2.8 kN
<i>Dial gauge</i>	Kapasitas 50 mm
Bak pemodelan	Ukuran 3 x 6 m, tebal tanah gambut 2.8 m
<i>Vane shear</i>	Baling 25.4 x 50 mm



Gambar 3.1 Susunan Alat



Gambar 3.2 Rangkaian Alat

3.3 Penamaan Pondasi

Total pondasi *helical* sebanyak 6 variasi. *Helical pile* dibuat dari baja dengan diameter tiang 6 cm. Pondasi cerucuk dan tiang polos diuji sebagai pembanding. Panjang setiap pondasi adalah 2 m. Tabel 3.2, 3.3 dan 3.4 memperlihatkan penamaan untuk setiap variasi pondasi.

Tabel 3.2 Diameter Pelat *Helical*

Sketsa Pelat Helical			
Kode	L (Large) dia. 35 cm	M (Medium) dia. 25 cm	S (Small) dia. 15 cm

Tabel 3.3 Pondasi *Helical*

Pondasi Helical			
Kode	M	L	LL 30
Pondasi Helical			
Kode	LM 30	LMS 30	LLL 30

Tabel 3.4 Pondasi Cerucuk dan Tiang Polos

Pondasi	Diameter
Cerucuk	11.64 cm
Tiang Polos	6 cm

3.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan dengan beberapa tahap. Pondasi ditanam sampai kedalaman 1.5 m. Sebelum melakukan uji tekan, tanah gambut diuji *field vane shear* pada kedalaman 50, 100,

dan 150 cm. Nilai S_u dari *vane shear* dikoreksi dengan faktor koreksi tanah gambut sebesar 0.50 (Golebiewska, 1983 di dalam Thilakasari, 2006). Rangkaian alat pengujian daya dukung prosedur *constant rate of penetration* seperti *mechanical jack*, *proving ring*, dan *dial gauge* dipasang satu - kesatuan dan terhubung dengan pondasi. Rata - rata laju penetrasi adalah 1 mm per 30 detik (2 mm/menit). Di dalam pengujian ini dicatat besar beban yang diberikan untuk membuat tiang turun setiap 1 mm. Pengujian dikatakan selesai apabila beban yang tercatat telah membuat tiang turun dengan akumulasi penurunan 4.5 cm. Hasil pembebanan statis diolah dengan menggunakan metode *tangen intersection* untuk mendapatkan daya dukung ultimate.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tanah

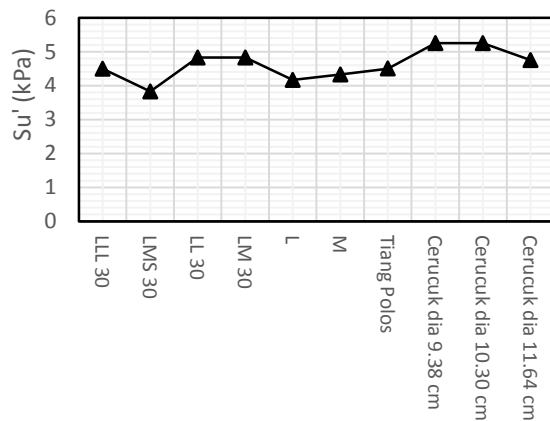
Hasil pengujian propertis tanah gambut diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Propertis Tanah Gambut

Karakteristik		Kedalaman	
		50 - 100 cm	100 - 150 cm
Kadar air	%	190.949	236.837
Berat volume basah	gr/cm ³	0.794	0.795
Berat volume kering	gr/cm ³	0.273	0.236
<i>Specific gravity</i>	-	1.355	1.480
Kadar abu	%	35.544	54.463
Kadar serat	%	5.281	6.114

Gambar 4.1 memperlihatkan hasil pengujian *vane shear* untuk setiap tipe pondasi. Gambar tersebut merupakan grafik nilai S_u koreksi rata - rata dari kedalaman 50, 100, dan 150 cm. Berdasarkan grafik

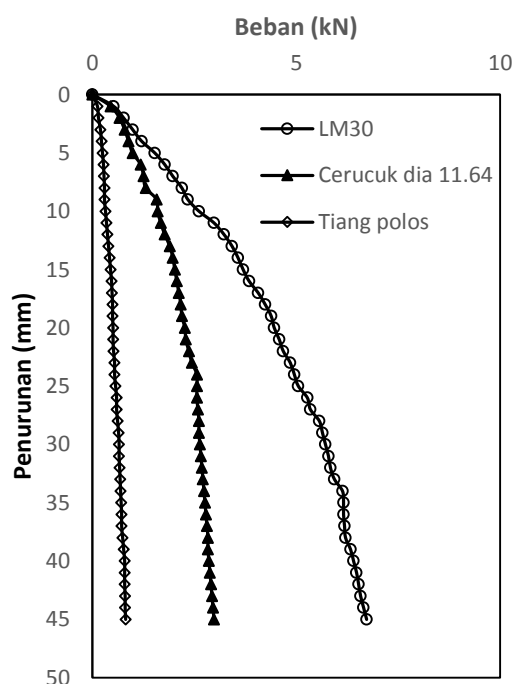
terlihat bahwa, nilai S_u secara relatif tidak saling berbeda jauh, yaitu berkisar antara 3.83 sampai 5.25 kPa. Hal ini membuat situasi pengujian sama untuk setiap pondasi.



Gambar 4.1 Hasil Uji *Vane Shear*

4.2 Analisa Kurva Beban Vs Penurunan

Gambar 4.2 menampilkan kurva hubungan beban vs penurunan. Kurva pondasi *helical*, cerucuk, dan tiang polos menggambarkan suatu perilaku yang sama. Perilaku tersebut adalah dominasi kekuatan *end bearing* dalam memikul beban. Pada akhir kurva terlihat masih adanya suatu kemiringan atau gradien. Hal ini menandakan suatu peningkatan beban terhadap peningkatan penurunan.



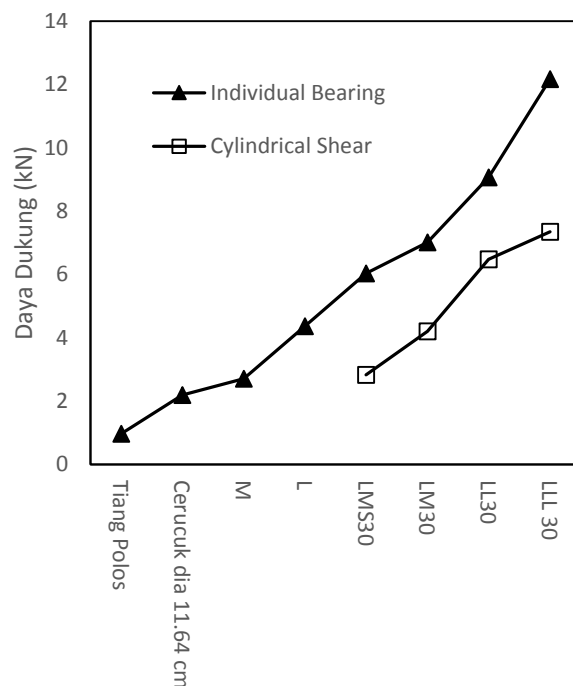
Gambar 4.2 Kurva Beban Vs Penurunan Pondasi *Helical*, Cerucuk, dan Tiang polos

4.3 Daya Dukung Teoritis Pondasi *Helical*

Hasil perhitungan daya dukung teoritis pondasi diperlihatkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.3. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa metode *cylindrical shear* menghasilkan daya dukung lebih kecil dibandingkan *individual bearing*. Selisih perbedaan daya dukung metode *individual bearing* dan *cylindrical shear* berkisar antara 2.6 sampai 4.8 kN.

Tabel 4.2 Daya Dukung Teoritis Pondasi

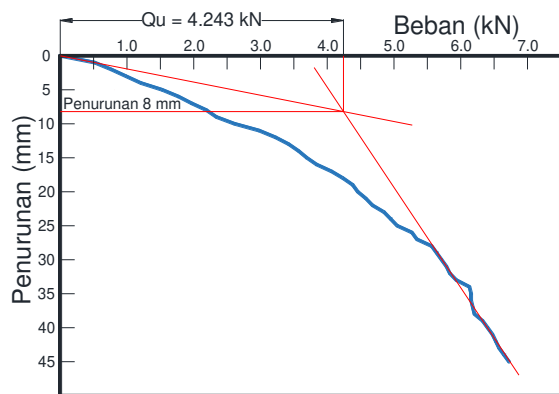
Tipe Pondasi	Individual Bearing (kN)	Cylindrical Shear (kN)
Tiang Polos	0.962	
Cerucuk dia 11.64 cm	2.191	
M	2.703	
L	4.365	
LMS30	6.029	2.824
LM30	7.015	4.198
LL30	9.064	6.475
LLL 30	12.164	7.342



Gambar 4.3 Daya Dukung Teoritis Pondasi

4.4 Daya Dukung *Ultimate* Pengujian

Daya dukung *ultimate* pengujian diinterpretasikan dengan metode *tangent intersection*. Metode ini diperkenalkan oleh Trautmann dan Kulhawy (1988). Metode ini memanfaatkan kurva original beban vs penurunan. Gambar 4.4 merupakan salah satu contoh penggunaan metode *tangent intersection* pada pondasi LM 30. Garis pertama merupakan tarikan kurva awal yang menunjukkan penurunan elastis pondasi. Garis kedua adalah perwakilan dari akhir kurva yang menunjukkan penurunan yang progresif. Pertemuan dua garis ini merupakan daya dukung *ultimate*.



Gambar 4.4 Daya Dukung Interpretasi Pondasi LM 30

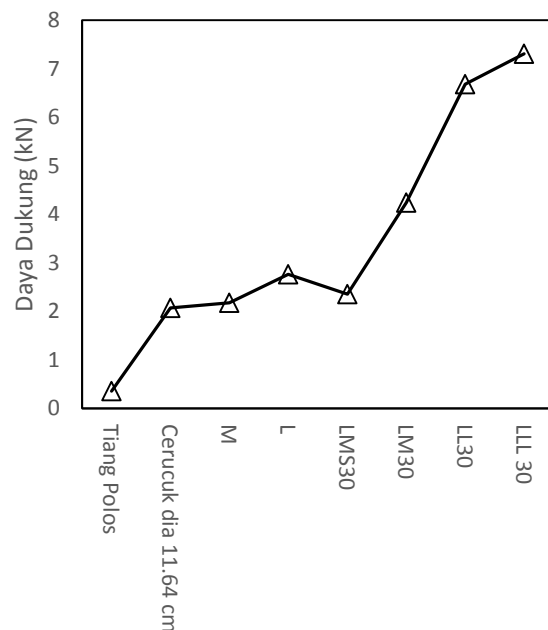
Tabel 4.3 Daya Dukung Hasil Pengujian

Tipe Pondasi	Daya Dukung (kN)	Penurunan (mm)
LLL 30	7.311	15
LMS 30	2.355	4
LL 30	6.684	16
LM 30	4.243	8
L	2.764	8
M	2.180	6
Tiang Polos	0.357	3
Cerucuk dia 11.64 cm	2.072	4

Tabel 4.3 dan Gambar 4.5 adalah tabulasi hasil daya dukung *ultimate* setiap pondasi. Berdasarkan gambar terlihat

bahwa, daya dukung pondasi *helical* dipengaruhi oleh diameter pelat.

Pondasi LM 30 mempunyai daya dukung lebih besar dibandingkan dengan LMS 30. Hasil pengujian ini berbanding lurus dengan hasil daya dukung teoritis. Diameter pelat dasar dapat mempengaruhi nilai daya dukung suatu pondasi *helical*. Selain itu pada subbab 4.2 dijelaskan bahwa, kuva beban vs penurunan pondasi *helical* menggambarkan dominasi kekuatan *end bearing*. Semakin besar diameter pelat dasar, semakin besar daya dukung. Pondasi L dan LMS 30 juga memperlihatkan fenomena yang sama.

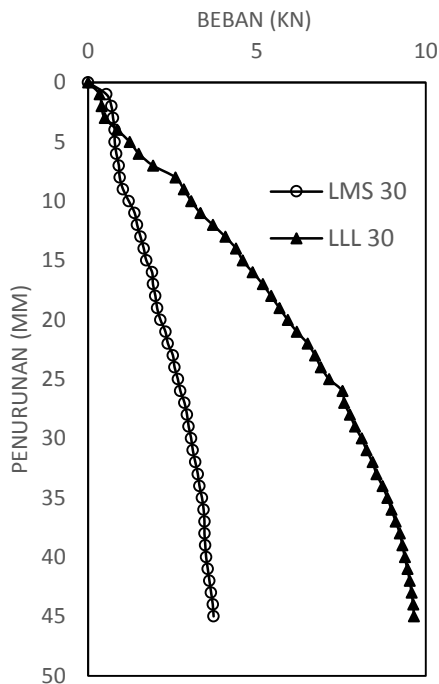


Gambar 4.5 Daya Dukung Hasil Pengujian Setiap Pondasi

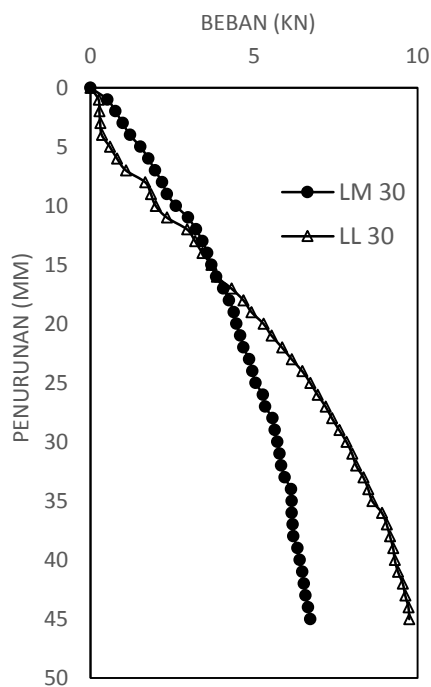
Pondasi L dan M mempunyai daya dukung secara relatif tidak jauh berbeda dengan cerucuk 11.64 cm. Hasil daya dukung *ultimate* ini membuat pondasi *helical* dengan satu pelat tidak efektif menggantikan cerucuk. Pondasi LMS 30 memperlihatkan kondisi sama dengan pondasi *helical* satu pelat. Pondasi *helical* mulai memberikan daya dukung yang lebih besar dibandingkan cerucuk ketika menyentuh tipe LM 30, LL 30, dan LLL 30. Ketika pondasi tersebut mempunyai diameter pelat dasar minimal 25 cm.

4.5 Pengaruh Diameter Pelat *Helical*

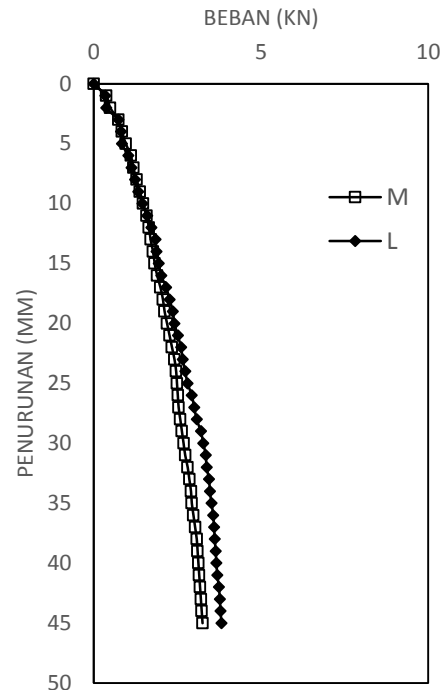
Penelitian ini menerapkan enam buah tipe pondasi *helical* dengan variasi berbeda. Pondasi tersebut dibagi atas tiga kelompok berdasarkan jumlah pelat untuk mempermudah analisa.



Gambar 4.6 Pondasi LMS 30 dan LLL 30



Gambar 4.7 Pondasi LM 30 dan LL 30



Gambar 4.8 Pondasi M dan L

Tabel 4.4 Pengaruh Diameter Pelat *Helical*

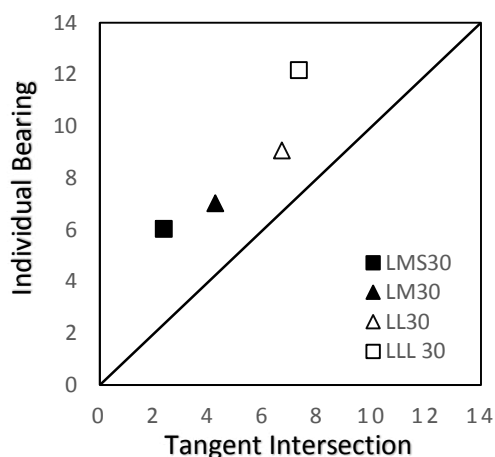
Jumlah Pelat Helical	Tipe	% Pertambahan Lebar Pelat Helical		% Daya Dukung
		Pelat	%	
3 Pelat	LLL 30	Atas	+ 0	+ 210.446
		Tengah	+ 40	
	LMS 30	Bawah	+ 133.334	
2 Pelat	LL 30	Atas	+ 0	+ 57.531
	LM 30	Bawah	+ 40	
1 Pelat	L	+ % pelat	+ 40	+ 26.789
	M			

Kelompok pondasi 3 pelat adalah pondasi LLL 30 dan LMS 30. Kedua tipe pondasi ini mempunyai persentase perbedaan pelat tengah sebesar 40 % dan pelat bawah 133.34 %. Berdasarkan pengujian pemodelan, LMS 30 memberikan daya dukung sebesar 2.355 kN. Pondasi LLL

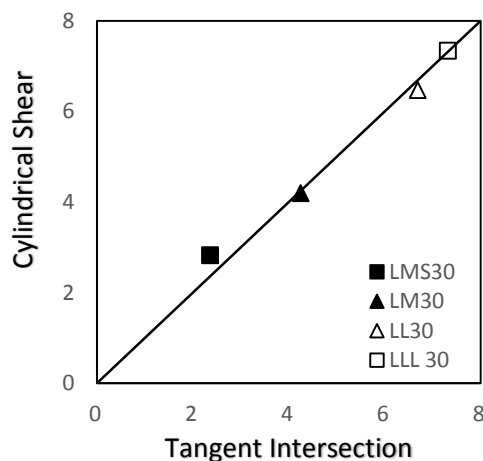
30 menghasilkan daya dukung 7.311 kN. Dalam hal ini terdapat peningkatan daya dukung signifikan akibat perilaku peningkatan diameter pelat sebesar 210.446 %. Pada kasus kelompok 3 buah pelat, peningkatan diameter pelat *helical* berbanding lurus dengan peningkatan daya dukung pondasi *helical* pada tanah gambut. Tren perilaku ini juga terdapat pada kelompok 2 dan 1 buah pelat *helical* seperti yang dirangkum pada Tabel 4.4.

4.6 Perbandingan Daya Dukung Teoritis dan Pengujian

Untuk mengetahui perbedaan daya dukung antara teoritis dan pengujian, maka dibuat suatu kurva hubungan seperti pada Gambar 4.9.



(a) *Individual Bearing Vs Pengujian*



(b) *Cylindrical Shear Vs Pengujian*

Gambar 4.9 Daya Dukung Teoritis Vs Pengujian

Gambar 4.9a memperlihatkan kurva hubungan daya dukung teoritis dan pengujian di atas garis ekuivalen. Hal ini menunjukkan bahwa, daya dukung hasil metode *individual bearing* lebih besar dibandingkan hasil pengujian dengan persentase *error* 41.653 %. Pada Gambar 4.9b, metode *cylindrical shear* mendekati daya dukung hasil pengujian dengan persentase *error* 5.333 %. Jadi berdasarkan analisa tersebut, daya dukung *ultimate* tekan pondasi *helical* LMS 30, LM 30, LL 30, dan LLL 30 lebih mendekati metode daya dukung teoritis *cylindrical shear* dibandingkan metode *individual bearing*.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Kurva hubungan beban vs penurunan pondasi *helical*, cerucuk, dan tiang polos didominasi oleh kekuatan daya dukung *end bearing*.
2. Metode daya dukung *cylindrical shear* menghasilkan daya dukung lebih kecil dibandingkan metode *individual bearing*.
3. Pondasi *helical* LM 30, LL 30, dan LLL 30 mempunyai kapasitas daya dukung lebih besar dibandingkan cerucuk berdiameter 11.64 cm. Hal ini menjelaskan, bahwa cerucuk dapat digantikan oleh pondasi *helical* sebagai pendukung struktur pada tanah gambut.
4. Pondasi *helical* M, L, dan LMS 30 mempunyai daya dukung relatif tidak jauh berbeda dengan cerucuk. Hal ini menyebabkan cerucuk tidak efektif bila digantikan oleh pondasi *helical* satu pelat dan tiga pelat dengan diameter pelat paling bawah yaitu 15 cm.
5. Kapasitas daya dukung pondasi *helical* dipengaruhi oleh diameter pelat *helical*. Semakin besar diameter pelat, semakin besar daya dukung pondasi. Perilaku ini berlaku pada kelompok 3, 2, dan 1 pelat. Persentase peningkatan daya dukung kelompok 3, 2, dan 1 pelat secara berturut – turut adalah 210.446, 57.531, dan 26.789 %.

6. Daya dukung pondasi *helical* lebih dipengaruhi oleh diameter pelat paling bawah. Perilaku ini diperlihatkan oleh pondasi LMS 30 dan LM 30. Pondasi LM 30 mempunyai daya dukung 80.170 % lebih besar dibandingkan dengan LMS 30. Kedua pondasi ini mempunyai perbedaan diameter pelat paling bawah sebesar 10 cm.
7. Daya dukung *ultimate* pondasi *helical* LMS 30, LM 30, LL 30, dan LLL 30 lebih mendekati perilaku daya dukung *cylindrical shear* dibandingkan *individual bearing*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bureau of Indian Standars. 1988. *Design and Contruction of Pile Foundations – Code of Practice*. New Delhi: Soil and Foundation Engineering Sectional Committee, CED 43.
- D&B Engineering Contractors. 2004. *Pratical Design And Inspection Guide For Helical Piles And Helical Tension Anchors*. Colorado : International Marketing & Research, Inc.
- Narasimha Rao. S, Prasad, Y. V. S. N, Shetty, M.D. 1991. *The Behaviour of Model Screw Piles in Cohesive Soils*. *Soils and Foundation*, vol. 31, No. 2: 35 – 50.
- Perko Howard. 2009. *Helical Piles (A Pratical Guide to Design and Installation)*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.
- Terzaghi Karl and Peck Ralph. 1996. *Soil Mechanics in Engineering Practices*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Thilakasari. 2006. *A Review of The Design Practices of Bored and Cast In Situ Pile In Sri Lanka*. *Anuual Transcations of IESL*, pp. 96 – 101.
- Trautmann and Kulhawy. 1988. Uplift Load – Displacement Behaviour of Spread Foundations. *Journal Of Gecotechnical Engineering*, vol. 114, No.2: 168 – 183