

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI KELOMPOK *HELICAL PILE* PADA TANAH GAMBUT

Vonni Septimarna⁽¹⁾, Ferry Fatnanta⁽²⁾, Muhardi⁽³⁾

¹ Mahasiswi Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293
Email: ivo_septi81@yahoo.com

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: muhardi@eng.unri.ac.id

ABSTRACT

Helical pile foundation is an alternative to improve pile bearing capacity on peat soil. The helical pile cannot be applied as a single pile in order to be act as a reinforcement of a construction. Therefore, the helical pile has to be studied in a full scale examination on peat soil as a group of pile. Each foundation has been given axial load based on constant rate penetration loading and interpreted by using 25 mm settlement method. Theoriticaly, helical pile group bearing capacity can be calculated using two ways, i.e based on block failure and based on single pile bearing capacity times by total number of pile using cylindrical shear method. The interpretation of bearing capacity calculation result indicates that helical pile group foundation bearing capacity increasing linearly with number of piles. The experiment result of ultimate bearing capacity test and calculation result of single pile bearing capacity times by total number of pile using cylindrical shear method is quite close compared to calculation result based on block failure.

Keywords: *Group, Helical Pile, Peat, Bearing Capacity, block failure, cylinder shear*

1. PENDAHULUAN

Tanah gambut di kategorikan dalam tanah lunak, yang biasanya dihubungkan dengan material alam yang memiliki kompresibilitas yang tinggi, kuat geser yang rendah dan koefisien permeabilitas yang kecil, sehingga apabila ada pembebanan konstruksi yang melampaui daya dukung kritis, maka akan terjadi kerusakan pada tanah pondasi. Salah satu cara perbaikan untuk tanah lunak adalah dengan cara memancang tiang-tiang ke dalam tanah.

Pondasi tiang merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang digunakan apabila daya dukung tanah tidak cukup untuk memikul berat bangunan di atasnya, atau tanah keras yang mempunyai daya dukung yang baik berada cukup jauh di bawah permukaan tanah. Pondasi ini mampu menahan beban yang besar dan dapat menghindari penurunan yang cukup besar di banding dengan jenis pondasi lain. Oleh karena itu, jika pondasi tiang berada pada tanah lunak diperlukan tiang yang cukup panjang. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan penelitian dengan memodifikasi bentuk tiang dengan menambahkan pelat *helix* atau sayap pada dinding tiang untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tiang sehingga dapat mempendek panjang tiang.

Banyak penelitian mengenai pondasi *helical pile* dilakukan secara tunggal (Sprince dan Pakrastinsh (2010), Woodcock (2012), Young (2012), dan lain-lain) namun penggunaan pondasi *helical pile* tidak mungkin digunakan secara tunggal untuk perkuatan suatu konstruksi, melainkan digunakan secara berkelompok (*group*). Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dikaji tentang perilaku daya dukung pondasi *helical pile* secara kelompok pada tanah gambut dengan pengujian skala penuh (*full scale*).

Pengujian skala penuh dilakukan dengan pemodelan daya dukung pondasi kelompok *helical pile* pada tanah gambut akan memberikan kita gambaran sebagaimana sebenarnya perilaku tanah gambut terhadap pengaruh daya dukung pondasi kelompok *helical pile*. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui besarnya kapasitas daya dukung pondasi kelompok *helical pile* pada tanah gambut dengan variasi jarak antar tiang dan jumlah tiang pondasi menggunakan metode uji pemodelan dan teoritis sehingga dapat mendesain kapasitas daya dukung tekan pondasi kelompok *helical pile* pada tanah gambut dengan tepat dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pondasi *Helical*

Pondasi *helical* ditemukan oleh Pondasi tiang *helical* adalah pondasi tiang yang terbuat dari baja fabrikasi yang terdiri dari satu atau lebih plat *helical* yang di instalasi dengan cara memutar pondasi tersebut kedalam tanah (Willis 2009).

Pondasi *helical* ditemukan oleh seorang penemu Inggris bernama Alexander Mitchell pada tahun 1833. Pondasi tersebut berhasil digunakan pada tahun 1838 untuk mendukung mercusuar di tanah berpasir yang dikenal dengan Mercusuar *Maplin Sands* terletak di Sungai Thames di Inggris, (Lutenegger, 2003).

Kapasitas daya dukung kelompok (group) tiang dipengaruhi oleh kapasitas daya dukung untuk setiap tiang. Akan tetapi, terkadang kapasitas daya dukung grup tiang juga dapat dihitung dengan berdasarkan keruntuhan blok (*block failure*). Untuk menghitung daya dukung pondasi kelompok *helical pile* secara teoritis menggunakan 2 (dua) cara yaitu :

- a. Berdasarkan keruntuhan blok (*block failure*);
Dengan menggunakan perhitungan kapasitas daya dukung metode silinder geser, kapasitas daya dukung kelompok dirumuskan dengan persamaan (1).

$$P_{ug} = q_{ult1}(m1)(m2) + 2Ts(n-1)(m1+m2) \dots(1)$$

Dimana :

- T = Tegangan Geser Tanah
- m1 dan m2 = Lebar dan panjang luasan kelompok tiang.
- s = Jarak dari pusat ke pusat pelat heliks
- n = Jumlah dari pelat heliks per tiang

- b. Berdasarkan kapasitas daya dukung satu tiang kali jumlah tiang. Untuk menentukan daya dukung *helical pile* di atas satu tiang hanya menggunakan metode *cylindrical shear*. Metode *cylindrical shear* merupakan perpaduan antara daya dukung ujung dibawah pelat paling dasar, kuat geser yang terbentuk oleh slinder tanah dengan tanah, dan adhesi. Berdasarkan mekanisme tersebut, metode *cylindrical shear* dirumuskan melalui persamaan 2.

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

Dimana :

- q_{ult1} = Tekanan dukung di bawah pelat *helical* paling bawah (kPa)
- A_1 = Luas pelat *helical* paling bawah (m²)
- T = Tegangan geser tanah (kPa)
- H = Panjang 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 rata – rata pelat *helical* (m)
- α = Adhesi (kPa)

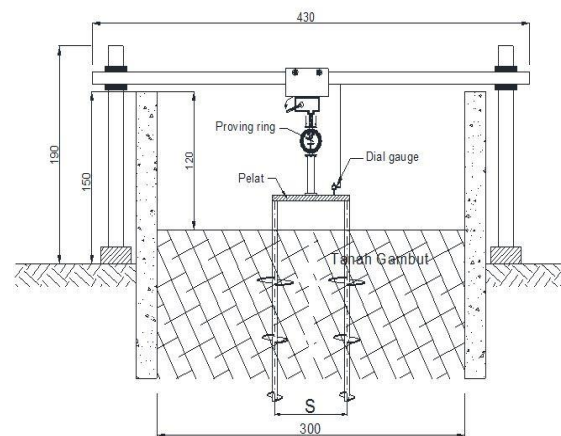
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

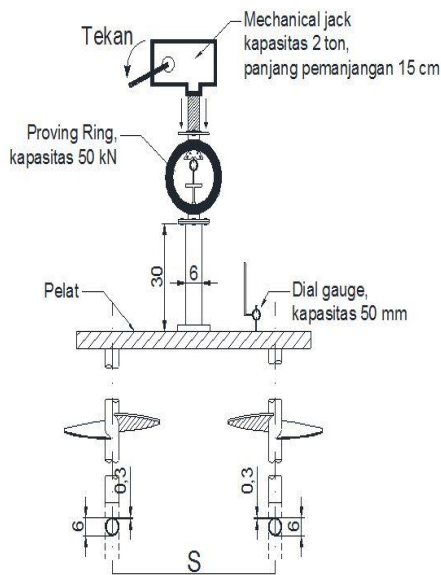
Tanah gambut diambil dari daerah Rimbo Panjang, kabupaten Kampar. Pengujian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Riau Rangkaian alat pengujian diperlihatkan pada Tabel 3.1, Gambar 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Alat Uji

<i>Mechanical jack</i>	Kapasitas 5 ton
<i>Proving ring</i>	Kapasitas 2.8 kN Kapasitas 50 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



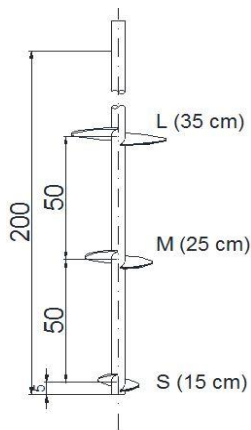
Gambar 3.1 Susunan Alat



Gambar 3.2 Rangkaian Alat

3.3 Penyiapan Benda Uji

Tiang pondasi dibuat dari bahan baja dengan diameter 6 cm terdiri dari 3 (tiga) buah pelat heliks dengan diameter 35 cm, diameter 25 cm dan dengan diameter 15 cm, jarak antar pelat heliks 20 cm dan 50 cm. Gambar pondasi dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Model Pondasi

3.4 Penamaan Pondasi

Sembilan tipe pondasi kelompok *helical pile* digunakan pada penelitian ini. Setiap pondasi diberikan kode berdasarkan diameter pelat *helical pile*, jumlah dan spasi pelat *helical*, jarak antar tiang serta jumlah tiang pada kelompok tiang. Apabila pondasi kelompok *helical pile* diberikan kode 2T1,5DLMS50, maka pondasi kelompok tersebut menggunakan 2 tiang dengan jarak 1,5D (52,5 cm), 3 buah pelat dengan diameter pelat atas L (*large*) = 35 cm, pelat tengah M (*medium*) = 25 cm, dan pelat bawah S (*small*) = 15 cm. Spasi tiap pelat adalah 50 cm. D merupakan diameter pelat heliks terbesar yaitu

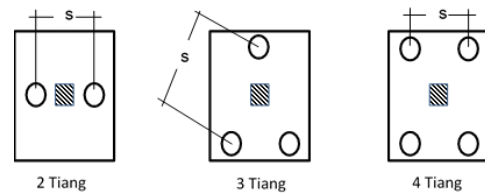
35 cm. Tabel 3.2 memperlihatkan penamaan untuk setiap variasi pondasi.

Tabel 3.2 Daftar Kode Pondasi Kelompok *Helical Pile*

No.	Kode Pondasi	No.	Kode Pondasi
1	2T1.5DLMS50	6	3T2.5DLMS50
2	2T2.0DLMS50	7	4T1.5DLMS50
3	2T2.5DLMS50	8	4T2.0DLMS50
4	3T1.5DLMS50	9	4T2.5DLMS50
5	3T2.0DLMS50		

3.3 Prosedur Pengujian

Tanah gambut yang telah siap untuk uji pembebanan kemudian dimodelkan dengan jarak antar tiang (s) adalah 1,5D (52,5 cm), 2,0D (70 cm) dan 2,5D (87,5 cm) dengan konfigurasi kelompok yaitu 2 tiang, 3 tiang dan 4 tiang, dapat dilihat pada Gambar 3.4. D merupakan diameter pelat heliks terbesar yaitu 35 cm. Pondasi ditanam sampai kedalaman 1.5 m.



Gambar 3.4 Konfigurasi Kelompok

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 0.30 (Parlan, 2016). 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 pondasi turun setiap 1 mm. Pengujian dikatakan selesai apabila beban yang tercatat telah membuat pondasi turun dengan akumulasi penurunan 25 mm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tanah

Hasil pengujian sifat fisik dan propertis tanah gambut yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

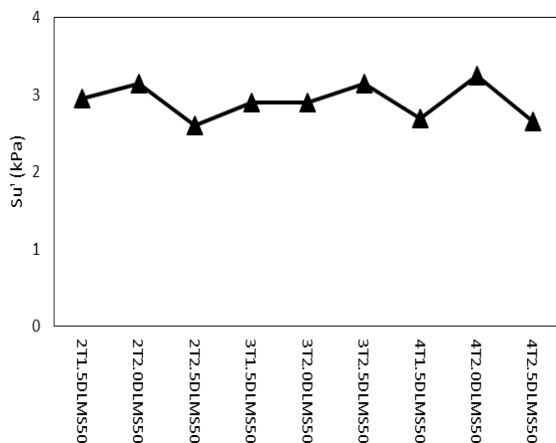
Tanah gambut dapat dikelompokkan berdasarkan kandungan serat dan abu menurut ASTM 4427-92. Dari data hasil pengujian pada Tabel 4.1, sampel yang diuji di kategorikan sebagai jenis *sapric peat* dengan kadar serat rata-rata sebesar 5.69 % (kadar serat lebih kecil dari 33%), dan kandungan kadar abu tinggi (*high ash peat*) dengan kandungan abu rata-rata sebesar 45.0 % (kadar abu lebih besar dari 15 %) serta gambut yang mempunyai daya serap air kecil/slightly yaitu rata-rata sebesar 213.89% (< 300 %).

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Propertis Tanah Gambut

Karakteristik Tanah Gambut	Satuan	Rata-Rata	
Kadar air rerata (<i>w</i>)	w	%	213.89
Berat Volume basah <i>γ_{wet}</i>	gr/cm ³		0.80
Berat Volume kering <i>γ_{dry}</i>	gr/cm ³		0.255
Specific Gravity <i>G_s</i>	-		1.42
Kadar Abu	%		45.0
Kadar Serat	%		5.69

4.1 Kuat Geser Tanah

Gambar 4.1 memperlihatkan hasil pengujian *vane shear* untuk setiap tipe pondasi.

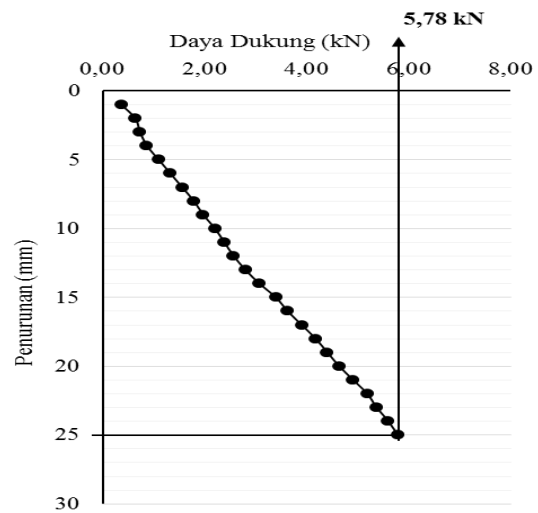


Gambar 4.1 Hasil Uji *Vane Shear*

Gambar tersebut merupakan grafik nilai *Su* koreksi rata – rata dari kedalaman 50, 100, dan 150 cm. Berdasarkan grafik terlihat bahwa, nilai *Su* secara relatif tidak saling berbeda jauh, yaitu berkisar antara 2,6 sampai 3,25 kPa. Hal ini membuat situasi pengujian sama untuk setiap pondasi.

4.2 Daya Dukung *Ultimate* Pengujian

Daya dukung *ultimate* pondasi kelompok *helical pile* diinterpretasikan dengan metode beban pada penurunan 25 mm. Hal ini berkaitan dengan standar penurunan izin pondasi adalah 1 inch (25.4 mm, ASTM 1143-81). Gambar 4.2 memperlihatkan penggunaan metode penurunan 25 mm.



Gambar 4.2 Daya Dukung Pondasi 2T1.5DLMS50 Pada Penurunan 25 mm

Tabel 4.2 Daya Dukung *Ultimate*

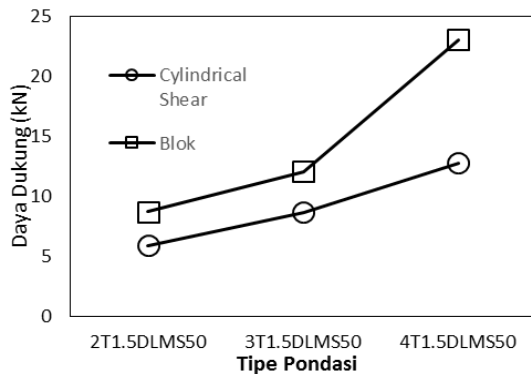
Tipe Pondasi	Daya Dukung Interpretasi (kN)
2T1.5DLMS50	5,78
3T1.5DLMS50	6,98
4T1.5DLMS50	10,88
2T2.0DLMS50	5,55
3T2.0DLMS50	8,17
4T2.0DLMS50	11,52
2T2.5DLMS50	6,15
3T2.5DLMS50	7,89
4T2.5DLMS50	8,17

Tabel 4.3 menampilkan daya dukung *ultimate* dari 9 (sembilan) tipe pondasi yang telah diinterpretasikan. Pondasi 4T2.0DLMS50 menghasilkan daya dukung terbesar, yaitu 11,52 kN. Daya dukung terendah dihasilkan oleh pondasi 2T2.0DLMS50 sebesar 5,5 kN.

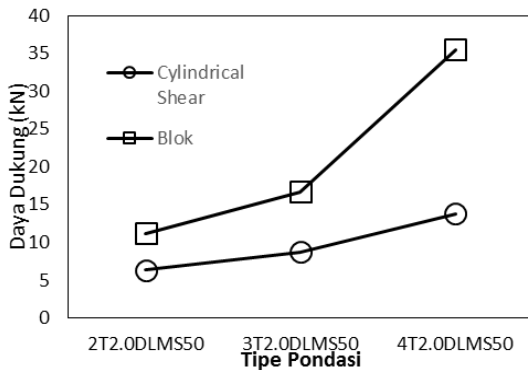
4.3 Perhitungan Kapasitas Aksial Pondasi Kelompok *Helical Pile* Secara Teoritis

Gambar 4.3 menampilkan grafik hasil perhitungan kapasitas aksial untuk setiap tipe pondasi kelompok *helical pile*. Berdasarkan keruntuhan blok (*block failure*) daya dukung terbesar pada pondasi

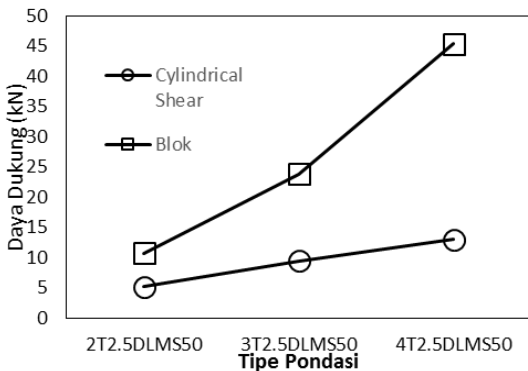
kelompok *helical pile* dihasilkan oleh pondasi Tipe 4T2.5DLMS50, yaitu 45,36 kN. Sedangkan berdasarkan kapasitas daya dukung satu tiang kali jumlah tiang dengan metode *cylindrical shear*, daya dukung terbesar pada pondasi kelompok *helical pile* dihasilkan oleh pondasi Tipe 4T2.0DLMS50, sebesar 13,81 kN.



a) Pondasi Kelompok 1.5DLMS50



b) Pondasi Kelompok 2.0DLMS50



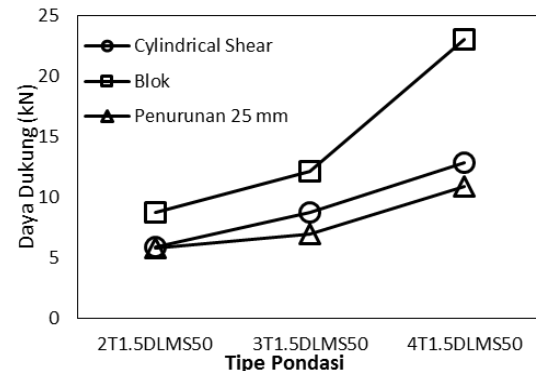
c) Pondasi Kelompok 2.5DLMS50

Gambar 4.3 Grafik Daya Dukung Tekan Pondasi Secara Teoritis

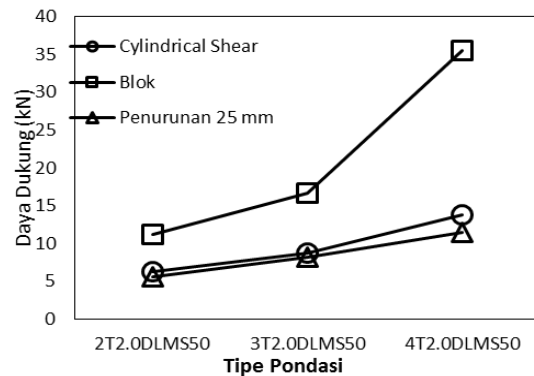
Gambar 4.3 menjelaskan perhitungan berdasarkan keruntuhan blok (*block failure*) menghasilkan daya dukung tekan lebih besar dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan kapasitas daya dukung untuk setiap tiang dengan menggunakan metode *cylindrical shear*.

4.4 Analisa Daya Dukung *Ultimate* Antara Teoritis dan Pengujian

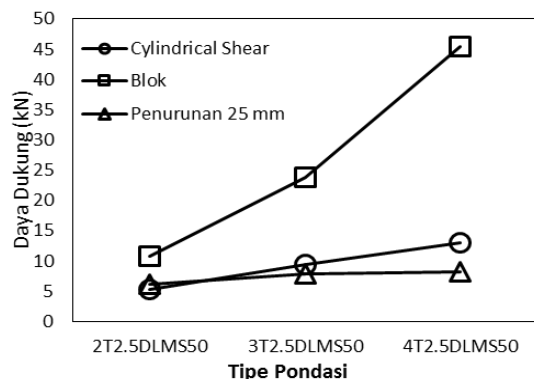
Gambar 4.4 menampilkan grafik daya dukung *ultimate* untuk semua tipe pondasi kelompok *helical pile* berdasarkan hasil pengujian dan analisa teoritis.



a) Pondasi Kelompok 1.5DLMS50



b) Pondasi Kelompok 2.0DLMS50



c) Pondasi Kelompok 2.5DLMS50

Gambar 4.4 Grafik Daya Dukung Tekan Pondasi Secara Pengujian dan Teoritis

Dari grafik tersebut terlihat bahwa kapasitas daya dukung tekan pondasi kelompok *helical pile* hasil pengujian lebih mendekati berdasarkan kapasitas daya dukung untuk setiap tiang dengan menggunakan metode *cylindrical shear* dibandingkan keruntuhan blok (*block failure*).

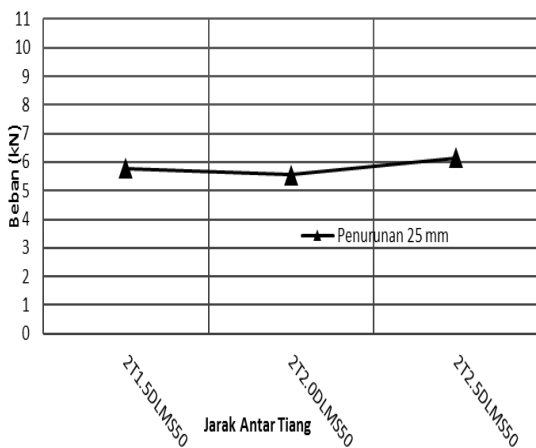
Perhitungan daya dukung berdasarkan keruntuhan blok (*block failure*) menjadi tidak rasional, karena semakin besar jarak antar tiang digunakan maka daya dukung yang diperoleh semakin besar. Kondisi ini tidak sesuai dengan kondisi riil yang ada di lapangan.

4.5 Analisa Perilaku Jarak Antar Tiang Terhadap Daya Dukung Tekan Pondasi *Helical Pile* Kelompok Pada Tanah Gambut

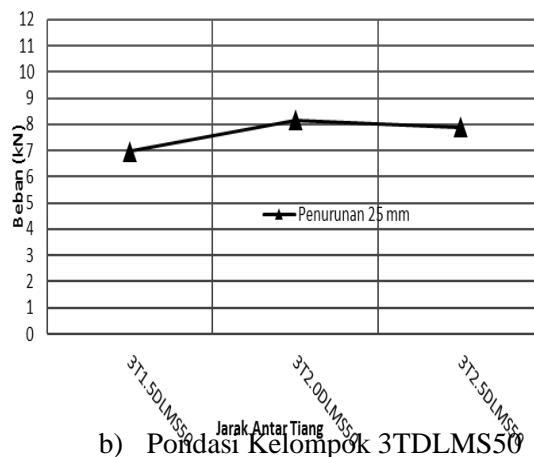
Gambar 4.5 menjelaskan perilaku jarak antar tiang terhadap daya dukung tekan pondasi kelompok *helical pile* pada tanah gambut. Jarak antar tiang yang digunakan adalah 52.5 cm (1.5 D), 70.0 cm (2.0 D) dan 82.5 cm (2.5 D).

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pondasi kelompok dengan Tipe Pondasi Kelompok 3 Tiang DLMS50 (Gambar b) dan Pondasi Kelompok 4 Tiang LMS50 (Gambar c) memiliki perilaku yang sama yaitu dengan penambahan jarak antar tiang dari 1.5 D (52.0 cm) menjadi 2.0 D (70.0 cm) terjadi peningkatan daya dukung tiang, namun terjadi penurunan daya dukung tiang dengan adanya penambahan jarak antar tiang menjadi 2.5 D (82.5 cm). Sedangkan Tipe Pondasi Kelompok 2 Tiang LMS50 (gambar b) mempunyai perilaku penurunan daya dukung dengan adanya penambahan jarak antar tiang dari 1.5 D (52.0 cm) menjadi 2.0 D (70.0 cm) namun terjadi peningkatan daya dukung tiang dengan adanya penambahan jarak antar tiang menjadi 2.5 D (82.5 cm).

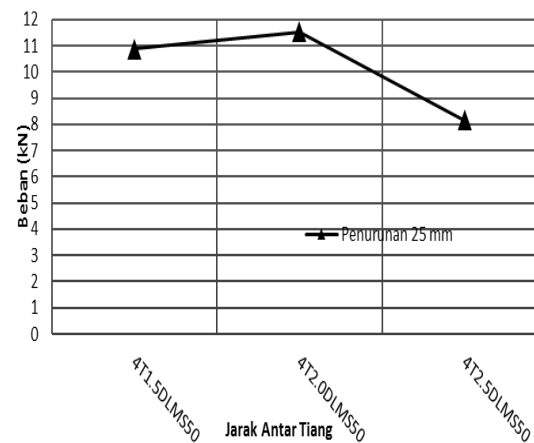
Dari perilaku grafik tersebut jarak antar tiang juga menentukan kekuatan daya dukung pondasi kelompok *helical pile* pada tanah gambut. Dari hasil pengujian ini jarak antar tiang yang efisien untuk model tiang LMS adalah sebesar 2,0D baik untuk kelompok 2 (dua) Tiang, 3 (tiga) tiang maupun 4 (empat) tiang.



a) Pondasi Kelompok 2TDLMS50



b) Pondasi Kelompok 3TDLMS50



c) Pondasi Kelompok 4TDLMS50

Gambar 4. 5 Grafik Daya Dukung *Ultimate* Tekan Pondasi Kelompok *Helical Pile* Akibat Pertambahan Jarak Antar Tiang

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Dari hasil daya dukung *ultimate* dari 9 (sembilan) tipe pondasi yang telah dilakukan pengujian. Pondasi 4T2.0DLMS50 menghasilkan daya dukung terbesar, yaitu 11,52 kN. Daya dukung terendah dihasilkan oleh pondasi 2T2.0DLMS50 sebesar 5,5 kN.
2. Berdasarkan penelitian ini kapasitas daya dukung tekan pondasi kelompok *helical pile* hasil pengujian lebih mendekati berdasarkan kapasitas daya dukung untuk setiap tiang dengan menggunakan metode *cylindrical shear* dibandingkan keruntuhan blok (*block failure*).
3. Dari hasil pengujian jarak antar tiang yang efisien untuk model tiang LMS adalah sebesar 2,0D baik untuk kelompok 2 (dua) tiang, 3 (tiga) tiang maupun 4 (empat) tiang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D1143-81. 1994. Standard Test Method For Piles Under Static Axial Compressive Load.* United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4
- 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.