

PENGARUH DIAMETER PELAT *HELICAL* TERHADAP KAPASITAS DAYA DUKUNG LATERAL PONDASI *HELICAL* PADA TANAH GAMBUT

Suryadi Ramadhan¹⁾, Ferry Fatnanta²⁾, Muhardi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293
Email: suryadi.ramadhan@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: amuhardi@gmail.com

ABSTRACT

Application of helical pile to support structures constructed on peat is still a new method. Research is needed to discover ability of helical foundation replace wood pile. There were 6 different helical piles, wood pile, and plain pile embedded in peat. This research aimed to determined the behavior from effect of diameter variations helical plate to lateral bearing capacity of helical pile on peat soil. The distribution process lateraly load based on constant rate of penetration procedure with eccentricity 500 mm and 300 mm. The calculation of lateral bearing capacity theoretically using the method of Brinch Hansen (1961) and Methods Broms (1964). Interpretation method used are standard lateral failure structure. The addition diameter helical plate will Improved lateral bearing an average of 25 N. Reduction of the eccentricity value by 20 cm will increased the lateral bearing capacity average of 39 N. The results of trial and error in determined the c_u correlation value is $0.05c_u$.

Keywords: Helical Pile, Plate Diameter, Peat, Lateral bearing Capacity, Eccentricity, Wood Pile.

1. PENDAHULUAN

Tanah gambut adalah tanah yang memiliki daya dukung kecil dibandingkan dengan jenis tanah yang lainnya seperti pasir, lanau maupun lempung ini disebabkan oleh kandungan organik yang sangat tinggi. Tanah ini terbentuk dari sisa – sisa pelapukan tumbuhan rawa yang telah mati, seperti rumput, pandan, bakau, dan lain – lain. Menurut Aazokhi (2012), Tanah gambut mempunyai sifat yang kurang menguntungkan bagi konstruksi bangunan sipil, sebab mempunyai kadar air yang tinggi, kemampuan daya dukung rendah, dan pemampatan tinggi.

Kondisi tanah gambut yang tidak bersahabat membuat para *engineer* perlu menentukan metode stabilisasi atau rancangan pondasi yang tepat dan efisien. Di Indonesia pada umumnya para pekerja kontruksi menggunakan cerucuk untuk meningkatkan daya dukung atau sebagai pondasi struktur pada tanah gambut.

Cerucuk kayu yang tahan terhadap kadar asam tanah gambut dan metode yang murah dan mudah, namun mempunyai efek samping berupa kerusakan lingkungan, karena harus menebang kayu untuk dijadikan sebagai kayu cerucuk.

Menghindari kerusakan tersebut diperlukan strategi yang lebih tepat dan efisien dan salah satu jawabannya adalah *helical pile*. Menurut Sakr (2010) ukuran lebar pelat *helical* mampu untuk menambah kekuatan tiang dalam menahan beban lateral pada tanah *cohesive* dan *non-cohesive*, dengan penambahan lebar 10 cm dapat menambah daya dukung lateral lebih-kurang 140 kN.

Penggunaan pondasi *helical* pada tanah gambut masih termasuk metode yang baru, sehingga perlu diadakan penelitian dengan tujuan mengetahui kapasitas daya dukung pondasi *helical* terhadap tanah gambut. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam kemajuan

teknik sipil dan konstruksi di Indonesia dengan memberikan solusi dalam pendesainan pondasi untuk tanah gambut. Alasan – alasan di atas yang menjadikan judul ini semakin menarik untuk dilakukan penelitian.

Khusus pada penelitian ini dilakukan studi mengenai perilaku pengaruh variasi diameter pelat helical terhadap daya dukung lateral *helical* pada tanah gambut. Penelitian pondasi *helical* pada tanah gambut dilakukan dengan cara teoritis dan pemodelan lapangan, sehingga dapat memberikan hasil yang akurat secara teori dan pengujian langsung di lapangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambut

Tanah gambut merupakan tanah yang memiliki kandungan organik yang sangat tinggi ini disebabkan oleh cara terbentuknya yaitu dari hasil pembusukan tumbuhan rawa, seperti rumput, pandan, bakau, dan lain – lain secara kimiawi. Pada sudut pandang geoteknik tanah gambut mempunyai karakteristik dan perilaku : kandungan kadar air yang tinggi dan berat volume yang kecil. Menurut Aazokhi (2012), Tanah gambut mempunyai sifat yang kurang menguntungkan bagi konstruksi bangunan sipil, karena kadar air yang tinggi, kemampuan dukung rendah, dan pemampatan yang tinggi.

Kemampuan tanah gambut dalam menyerap dan menyimpan air sangat besar. Kadar air yang tersimpan sangat mempengaruhi sifat teknis tanah gambut. Semakin kecil kadar air yang terkandung pada tanah semakin besar pula kekuatan gesernya dan begitu pula sebaliknya (Sukirman, 2011).

2.2 Daya Dukung Lateral Ultimate

1. Metode Brinch Hansen (1961)

Metode Brinch Hansen adalah metode untuk menghitung tahanan lateral ultimat pada tiang untuk tanah berlapis (*uniform*) dan tanah kohesif, namun metode ini tidak memungkinkan untuk menghitung defleksi pada tiang. Metode Brinch Hansen

dilakukan untuk menentukan resistensi tanah lateral dengan koefisien tekanan tanah lateral K_q dan K_c , koefisien ini merupakan fungsi nilai ϕ (sudut geser tanah) dan z/d , dimana jika $\phi = 0$ maka $K_q = 0$. Mekanisme tekanan tanah dalam metode Brinch Hansen dapat dilihat pada **Gambar 1**. Brinch Hansen (1961) memberikan persamaan tahanan lateral ultimate pada sembarang kedalaman (z) :

$$P_u(z) = q(z)K_q(z) + CK_c(z) \quad (2.1)$$

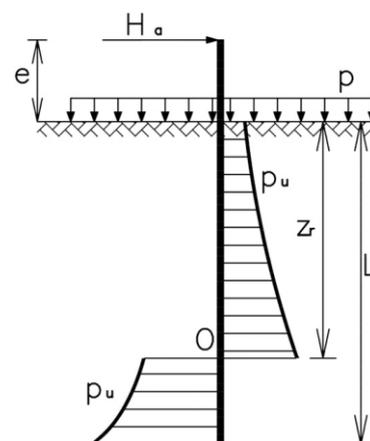
$$q(z) = P + \gamma_{wet}(z) \quad (2.2)$$

$$\Sigma M = \Sigma P_u d \left(\frac{L}{n}\right) (e + z) - \Sigma P_u d \left(\frac{L}{n}\right) (e + z) \quad (2.3)$$

$$H_u(e + x) = \Sigma P_u d \left(\frac{L}{n}\right) (x - z) + \Sigma P_u d \left(\frac{L}{n}\right) (z - x) \quad (2.4)$$

Dimana :

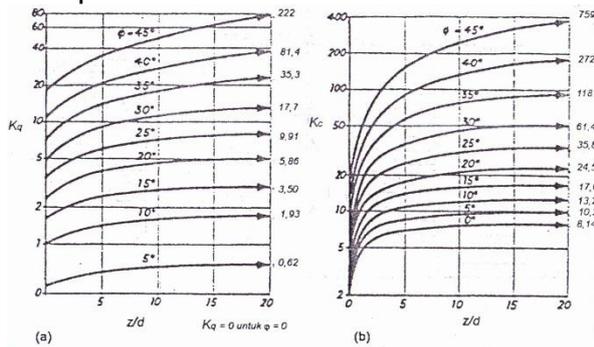
- z = Sembarang Kedalaman (m)
- γ_{wet} = Berat Volume Basah (kN/m^3)
- C = Kohesi (kPa)
- e = Eksentrisitas (m)
- K_c, K_q = Faktor yang merupakan Fungsi ϕ (sudut geser tanah) dan z/d
- ΣM = Momen, x adalah Titik Rotasi Ditentukan dengan $\Sigma M = 0$
- (L/n) = Ketebalan Elemen (m)



Gambar 1 Mekanisme Tekanan Tanah Metode Brinch Hansen (W. Pula, 2012)

Dalam menentukan nilai koefisien K_c dan K_q yang merupakan fungsi dari nilai ϕ dan z/d ditunjukkan oleh **Gambar 2** grafik

hubungan K_c dan K_q terhadap fungsi dari nilai ϕ dan z/d .



Gambar 2 Grafik Hubungan K_c dan K_q Terhadap Fungsi dari Nilai ϕ dan z/d (Christady, 2008)

2. Metode Broms (1964)

Broms (1964) mengemukakan beberapa anggapan dalam metode ini bahwa tanah sebagai tanah non- kohesif ($c = 0$) atau pasir, dan tanah kohesif ($\phi = 0$) atau lempung, dengan tipe tiang ujung jepit (*fixed-end pile*) dan tiang ujung bebas (*free-end pile*), masing masing jenis tanah ini diuji dengan cara yang sama dengan perhitungan dan ketentuan berbeda, broms juga menyatakan bahwa tiang pendek sebagai tiang kaku (*short rigid pile*) dan tiang panjang sebagai tiang lentur (*long flexible pile*).

Broms berteori bahwa untuk tiang pendek ujung bebas tiang berotasi disekitar pusat tiang, diatas ujung bawah dari pondasi, tanpa deformasi yang besar sepanjang sumbunya (Hubbel, 2013). Sedangkan resistensi yang terjadi adalah penjumlahan dari tekanan tanah bagian atas dan tekanan tanah pasif pada bagian bawah titik rotasi. Untuk nilai tahanan ujung diabaikan. Juga tekanan tanah pasif paling atas sebesar 1,5 diameter tiang dan tekanan tanah aktif dibelakang tiang diabaikan. Persamaan-persamaan yang digunakan dalam metode Broms untuk menghitung daya dukung laterel pada tanah kohesif dengan tiang pendek kepala bebas sebagai berikut :

$$f = \frac{P}{9c_u d} \quad (2.5)$$

$$L = 1,5d + f + g \quad (2.6)$$

$$g = \frac{P(e + 1,5d + 0,5f)}{(2,25 \times d \times c_u)^{0,5}} \quad (2.7)$$

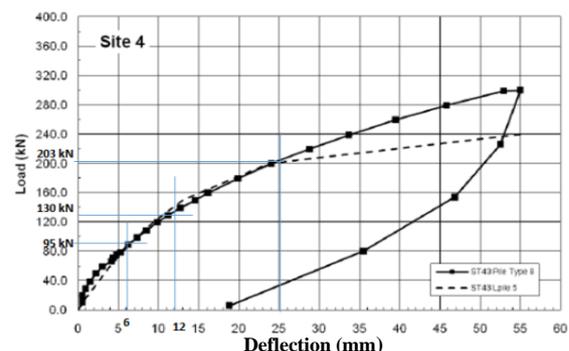
$$M_{max} = P(e + 1,5d + 0,5f) \quad (2.8)$$

Dimana :

- P = Daya Dukung Lateral (kN)
- f = Titik momen maksimum (m)
- L = Panjang Penanaman (m)
- d = Diameter Tianag (m),
- g = $2 \times g/2$, dimana $g/2$ Jarak dari Ujung Tiang Bawah kepusat Rotasi (m)
- e = Panjang Lengan (m)

3. Metode Interpretasi (Skr, 2010)

Interpretasi daya dukung lateral dalam penelitian ini menggunakan metode standar kegagalan struktur (Skr, 2010). dimana hasil pengujian beban yang akan diinterpretasikan meliputi daya dukung lateral ultimate (H_{ult}) yang dapat dihasilkan setelah pengujian langsung dilapangan oleh masing-masing tiang. H_{ult} didefinisikan sebagai kekuatan batas dimana suatu tiang akan mengalami keruntuhan atau tiang sudah tidak menggambarkan perlawanan yang kuat seiring dengan tekanan lateral yang diberikan.



Gambar 3 Interpretasi dengan Standar Kegagalan Struktur Skar (2010).

Gambar 3 adalah cara interpretasi dengan standar kegagalan struktur Skar (2010). Dimana hasil lapangan dimasukkan kedalam grafik *loads vs deflection* dengan mengambil nilai *lateral loads* pada 6 mm, 12 mm dan 25 mm (Skr, 2010).

Pengambilan 6 mm, 12 mm dan 25 mm ini oleh Sakr berdasarkan tingkat kesensitifan struktur terhadap kegagalan lateral.

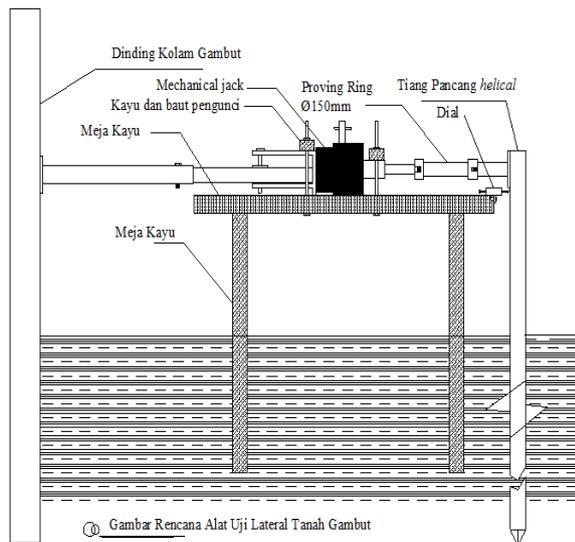
3. METODOLOGI PENGUJIAN

3.1 Alat dan Bahan

Tanah gambut diambil dari daerah Rimbo Panjang, kabupaten Kampar, Pekanbaru Riau. Merancang alat uji lateral dilakukan agar alat bisa digunakan dengan baik dan sesuai dengan kondisi lapangan. Rangkaian alat pengujian diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1 Alat Uji

Mechanical jack Kapasitas	5 ton
Proving ring Kapasitas	2,8 kN
Dial gauge Kapasitas	50 mm
Bak pemodelan	Ukuran 3 x 6 m, kedalam tanah gambut 2.8 m
Vane shear test	20 x 40 mm



Gambar Rencana Alat Uji Lateral Tanah Gambut

Gambar 4 Rangkaian Alat Uji

3.2 Penamaan Pondasi

Dalam penelitian ini ada 6 variasi tiang *helical*. *Helical pile* dibuat dari baja dengan diameter tiang 6 cm. Ditambah Pondasi cerucuk dan tiang polos diuji sebagai pembanding. Panjang setiap pondasi adalah 2 m. **Tabel 2**, dan **Tabel 3** memperlihatkan penamaan untuk setiap variasi pondasi.

Tabel 2 Penamaan Plat *Helical*

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

Tabel 3 Penamaan Pondasi *Helical*

Pondasi Helical			
	Kode M	L	2L-30
Pondasi Helical			
	Kode LM-30	LMS-30	3L-30

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.

Memasang rangkaian alat pengujian daya dukung lateral seperti *mechanical jack*, *proving ring (load)*, dan *dial gauge (penetration)*, semua alat dipasang satu - kesatuan dan terhubung dengan pondasi *helical*, seperti yang terlihat pada **Gambar 4**. Kemudian *mechanical jack* dijalankan sehingga piston mendorong pondasi secara lateral.

Di dalam pengujian ini pencatatan beban dilakukan setiap 1 mm pergerakan tiang. Pengujian dikatakan selesai apabila pergerakan mencapai 4.5 cm. Kemudian hasil pembebanan statis tersebut diplot dalam bentuk grafik beban vs pergerakan lateral, untuk mendapatkan daya dukung lateral ultimate digunakan standar kegagalan struktur oleh Skar (2010).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kuat Geser Tanah

Pengujian kuat geser tanah menggunakan alat uji *Vane shear* dengan baling-baling 20 x 40 mm didapatkan hasil uji seperti **Tabel 4** dengan nilai koreksi baling-baling = 1.

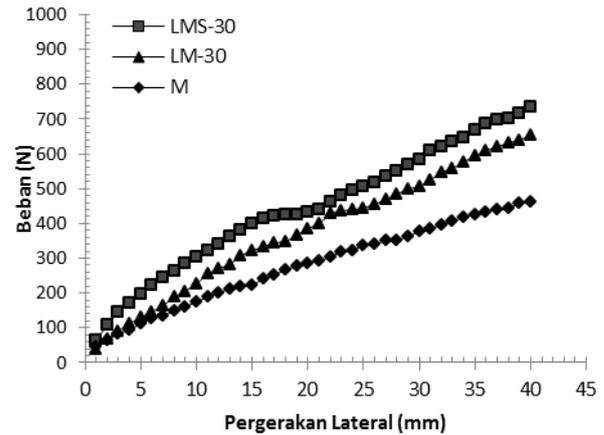
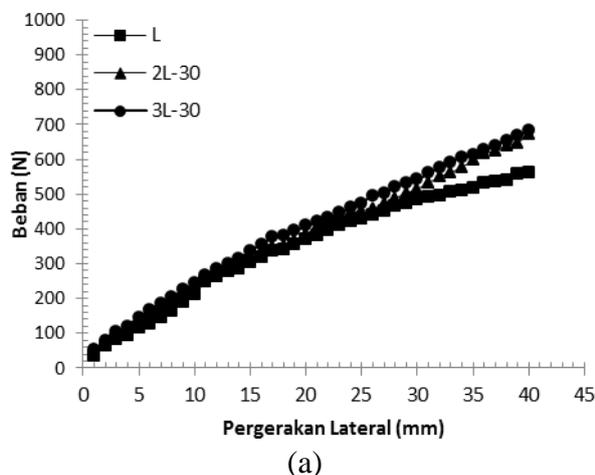
Tabel 4 Hasil Pengujian *Vane Shear*

Nama pondasi	Kuat geser (Su)		
	c_u VST (rata-rata)	Nilai Koreksi ke kPa	c_u VST (kPa)
3L30	9,00	1	9,00
2L30	9,33	1	9,33
L	10,33	1	10,33
LMS30	10,00	1	10,00
LM30	9,00	1	9,00
M	9,67	1	9,67
Tanpa Helical	11,33	1	11,33
Cerucuk	11,67	1	11,67

4.2 Analisa Grafik Beban vs Pergerakan Lateral Hasil Pengujian

1. Pengaruh Jumlah Plat Helical

Penganalisaan pengaruh jumlah plat *helical* dapat dilihat pada **Gambar 5** grafik beban vs pergerakan lateral $e = 300$ mm dengan pengaruh jumlah plat *helical*.

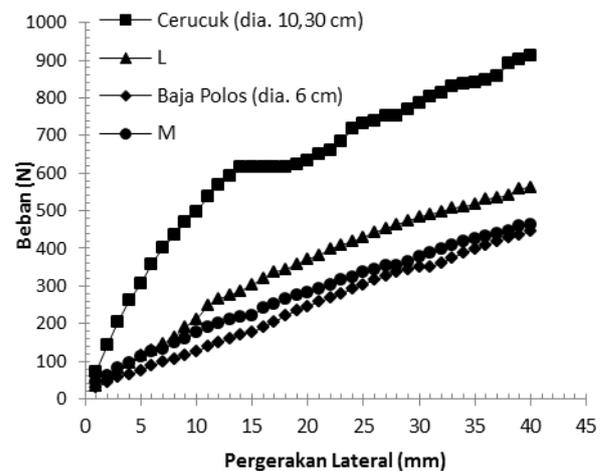


Gambar 5 Grafik Beban vs Pergerakan Lateral $e = 300$ mm dengan Pengaruh Jumlah Plat *Helical*

Pada **Gambar 5 (a)** adalah kurva tiang tipe L, 2L-30 dan 3L-30 sedangkan **Gambar 5 (b)** adalah kurva tiang tipe M, LM-30 dan LMS-30.

2. Pengaruh Diameter Plat *Helical*

Pada **Gambar 6** pengaruh diameter plat *helical* terhadap daya dukung lateral pada tanah gambut dapat dilihat antara tiang L dengan tiang M.



Gambar 6 Beban vs Pergerakan Lateral Pengaruh Diameter Plat *Helical* $e = 300$ mm

Pada **Gambar 6** dimana tiang L memiliki satu plat *helical* berdiameter 35 cm sedangkan tiang M memiliki satu plat *helical* berdiameter 25 cm, kurva tiang M terlihat lebih landai dibandingkan dengan

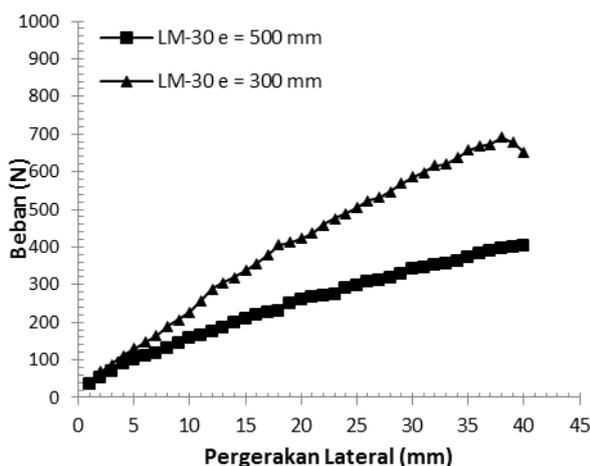
tiang L yang artinya daya dukung lateral tiang M lebih kecil dibandingkan daya dukung lateral tiang L, pengaruh daya dukung lateral ini disebabkan oleh perbedaan diameter plat *helical* yang ada pada tiang.

3. Pengaruh Variasi Eksentrisitas (e)

Eksentrisitas didefinisikan sebagai ujung tiang yang berada diatas permukaan tanah. Pengujian eksentrisitas (e) pada penelitian ini dilakukan dengan e = 500 mm dan e = 300 mm.

Gambar 7 adalah Grafik beban vs pergerakan lateral dengan variasi eksentrisitas, dengan menggunakan jenis tiang yang sama (LM-30), dimana tiang LM-30 dengan e = 300 mm memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan tiang LM-30 dengan e = 500 mm. Kecilnya beban tiang LM-30 e = 500 mm ini dikarenakan panjangnya lengan momen atau jarak antara tanah dengan pusat beban yang diberikan.

Gambar 7 mewakili semua jenis tiang yang diuji pada penelitian ini, hasil tiang yang lain tidak jauh berbeda, melainkan sama dengan tiang LM-30.



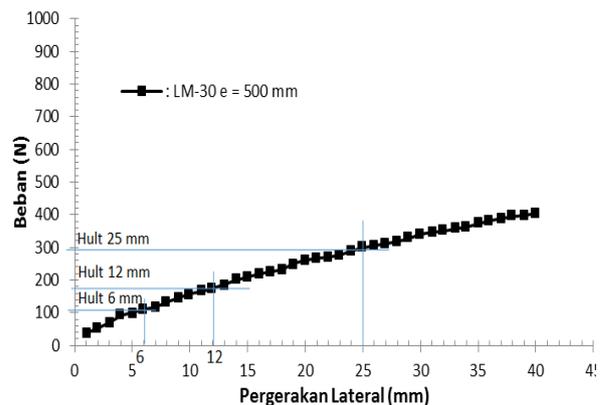
Gambar 7 Grafik Beban vs Pergerakan Lateral dengan Variasi Eksentrisitas

4.3 Interpretasi Hasil Pengujian

Hasil pengujian beban yang akan diinterpretasikan meliputi daya dukung lateral (H_{ult}) yang dapat dihasilkan setelah pengujian langsung dilapangan oleh

masing-masing tiang. H_{ult} didefinisikan sebagai kekuatan batas dimana suatu tiang akan mengalami keruntuhan atau tiang sudah tidak menggambarkan perlawanan yang kuat seiring dengan tekanan lateral yang diberikan.

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode standar kegagalan struktur (Sakar, 2010) seperti **Gambar 8**. Hasil interpretasi data ditampilkan pada **Tabel 5** untuk e = 300 mm dan **Tabel 6** untuk e = 500 mm.



Gambar 8 Interpretasi Data Pengujian Metode Standar Kegagalan Struktur (Skar, 2010)

Dari **Tabel 5** dan **Tabel 6** dapat dilihat penambahan ukuran diameter plat *helical* berpengaruh dalam daya dukung batas dari pondasi ditanah gambut, dalam hal ini dapat dilihat tiang L dan M, pada e = 500 mm (**Tabel 5**) penambahan 10 cm lebar plat *helical* menambah daya dukung lateral ultimate 15 N, untuk tiang yang sama pada e = 300 mm (**Tabel 6**) penambahan 10 cm lebar plat *helical* menambah daya dukung lateral ultimate 36 N, sehingga dapat dirata-ratakan untuk 10 cm penambahan lebar plat rata-rata 25 N.

Pergerakan 6 mm untuk semua jenis tiang *helical*, nilai daya dukung lateral batas tiang dengan e = 500 mm lebih kecil dibandingkan nilai daya dukung lateral batas tiang dengan e = 300 mm, dari hasil interpretasi pergerakan 6 mm pengurangan nilai eksentrisitas 20 cm menghasilkan penambahan daya dukung lateral batas rata-rata 39 N pada tiang *helical*.

Tabel 5 Hasil Interpretasi Data Pengujian

Jenis Tiang	H_{ult} (N). $e = 300$ mm		
	6 mm	12 mm	25 mm
LMS-30	222,6	342,3	508,2
LM-30	147	287,7	504
3L-30	168	283,5	474,6
2L-30	165,9	287,7	451,5
L	161,7	264,6	430,5
M	126	199,5	336
Baja Polos	88,2	149,1	304,5
Cerucuk	357	569,1	732,9

Tabel 6 Hasil Interpretasi Data Pengujian

Jenis Tiang	H_{ult} (N). $e = 500$ mm		
	6 mm	12 mm	25 mm
LMS-30	157,5	268,8	457,8
LM-30	111,3	174,3	298,2
3L-30	151,2	268,8	371,7
2L-30	147	184,8	264,6
L	102,9	161,7	252
M	88,2	170,1	294
Baja Polos	73,5	132,3	207,9
Cerucuk	107,1	180,6	291,9

4.4 Perhitungan Secara Teoritis

Menghitung daya dukung lateral ultimate (H_{ult}) secara teoritis adalah *Brinch Hansen Method (1961)* dan *Broms method (1964)*.

1. Brinch Hansen Method (1961)

Hasil perhitungan daya dukung lateral ultimate (H_u) dapat dilihat pada **Tabel 7**

Tabel 7 Hasil Teoritis Brinch Hansen

Jenis tiang	Korelasi 0,3 Cu	H_u (N)	H_u (N)
		$e = 500$ mm	$e = 300$ mm
LMS-30	3,00	812	819
LM-30	2,70	730	737
3L-30	2,70	730	737
2L-30	2,80	757	764
L	3,10	838	846
M	2,90	785	792
Baja Polos	3,40	920	928
Cerucuk	3,50	1626	1641

2. Broms Method (1964)

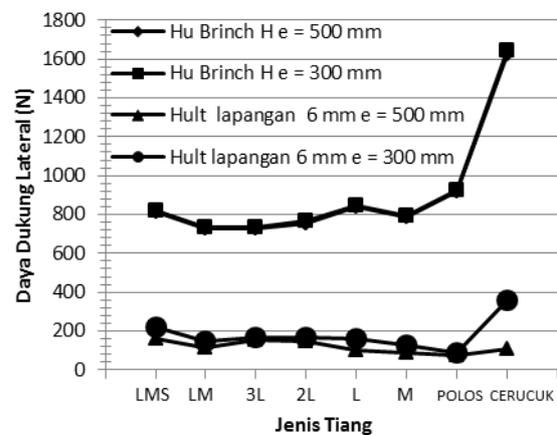
Hasil perhitungan daya dukung lateral ultimate (P) dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8 Hasil Teoritis Broms

Jenis Tiang	Korelasi 0,3 Cu (kPa)	P (N).	P (N).
		$e = 500$ mm	$e = 300$ mm
LMS-30	3,00	741	952
LM-30	2,70	687	879
3L-30	2,70	758	975
2L-30	2,80	705	903
L	3,10	687	879
M	2,90	723	928
Baja Polos	3,40	810	1045
Cerucuk	3,50	1100	1456

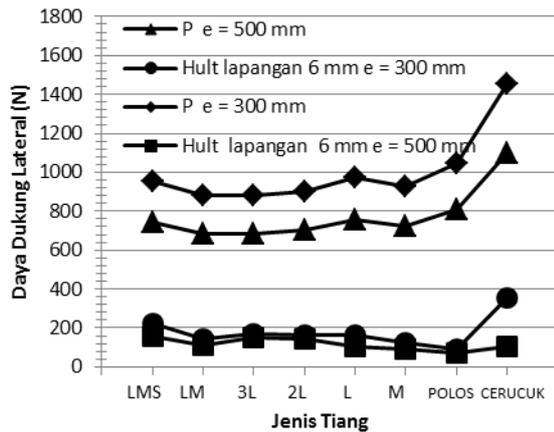
4.5 Perbandingan Daya Dukung Teoritis dengan Lapangan

Perbandingan hasil Daya Dukung pengujian pergerakan 6 mm dengan hasil perhitungan metode Brinch Hansen dapat dilihat pada **Gambar 9**.

**Gambar 9** Grafik Perbandingan Hasil Lapangan Pergerakan 6 mm dengan Hasil Metode Brinch Hansen

Pada **Gambar 9** hasil metode Brinch Hansen rata-rata 5 (lima) kali lebih besar dibandingkan daya dukung lateral ultimate rata rata dilapangan (150 N) untuk pergerakan 6 mm.

Perbandingan hasil Daya Dukung pengujian pada pergerakan 6 mm dengan hasil perhitungan metode Broms dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10 Grafik Perbandingan Metode Broms dengan Hasil Lapangan Pergerakan 6 mm.

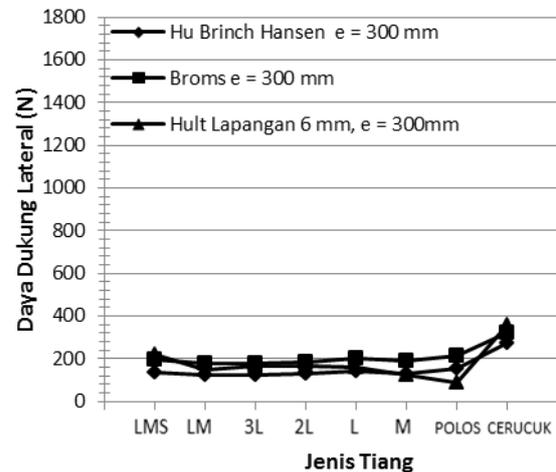
Pada **Gambar 10** nilai daya dukung lateral ultimate (H_{ult}) lapangan lebih kecil dibandingkan dengan daya dukung ultimate (P) metode Broms, perbedaan rata-rata 850 N atau perhitungan metode Broms 6 kali lebih besar dibandingkan dengan daya dukung lateral rata-rata dilapangan (150 N).

4.6 Modifikasi Nilai Korelasi c_u

Modifikasi nilai korelasi c_u (kohesi) bertujuan agar hasil teoritis sama atau mendekati hasil pengujian dilapangan. Modifikasi nilai korelasi c_u dilakukan dengan cara coba-coba (*trial and error*), sehingga nilai daya dukung lateral kedua metode dapat sama-sama mendekati nilai daya dukung lateral ultimate dilapangan pada standar kegagalan struktur pergerakan 6 mm. Dengan cara coba-coba terhadap dua metode dalam penelitian ini didapat nilai korelasi c_u untuk daya dukung lateral tiang *helical* pada tanah gambut adalah $0,05c_u$. Untuk hasil korelasi $0,05c_u$ dapat dilihat pada **Gambar 11**.

Pada **Gambar 11** hasil daya dukung lateral dengan nilai korelasi $0,05c_u$ dapat dilihat kedua hasil metode yang digunakan bisa sama-sama mendekati hasil lapangan, dimana untuk nilai rata-rata daya dukung lateral metode Brinch Hansen (150 N) sama dengan rata-rata daya dukung lateral lapangan pergerakan 6 mm (150 N).

Pada **Gambar 11** untuk nilai rata-rata daya dukung lateral metode Broms setelah c_u dikorelasi adalah 206 N, dengan kata lain nilai daya dukung lateral metode Broms lebih besar 1,4 kali dibandingkan daya dukung lateral lapangan pada pergerakan 6 mm.



Gambar 11 Hasil Daya Dukung Lateral dengan Korelasi $0,05c_u$ e = 300 mm

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan secara analitis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Gambut yang diteliti diklasifikasikan sebagai sapric peat (gambut takberserat) berdasarkan klasifikasi ASTM D4427-92 (2002) karena kadar serat $< 33\%$ dan sebagai High Ash-peat (tanah gambut dengan kadar abu tinggi) karena mengandung kadar abu $> 15\%$. Menurut Farlane dan Radforth (1965) dalam panjaitan, tanah gambut yang diteliti termasuk sebagai tanah gambut tidak berserat (Amorphous Granular Peat) karena mengandung $< 20\%$ kadar serat.
2. Nilai c_u VST gambut terkoreksi yang didapatkan tidak saling berbeda jauh atau relatif sama, 2,70 sampai 3,50 kPa. Rata-rata nilai c_u terkoreksi adalah 3,10 kPa. Jenis lapisan tanah kolam pengujian termasuk kategori konsistensi tanah sangat lunak karena kecil dari 12 kPa (Wesley, 2010 dalam Ferry et al 2013).

3. Pengujian tiang helical dengan tipe prosedur constant rate of penetration (CRP), dimana tiang helical yang diuji dalam penelitian ini sebanyak 6 tipe (LMS30, LM30, 3L30, 2L30, L30, M30) dan menggunakan tiang polos serta tiang kayu (cerucuk) sebagai pembanding, dengan melakukan dua kali pengujian untuk masing-masing tiang yaitu nilai $e = 300$ mm dan $e = 500$ mm.
4. Dari hasil interpretasi pergerakan 6 mm data pengujian dapat disimpulkan bahwa penambahan lebar plat *helical* 10 cm menghasilkan penambahan daya dukung lateral ultimate rata-rata 25 N pada tanah gambut (sangat lunak).
5. Pada Pengujian dilapangan faktor eksentrisitas berpengaruh terhadap beban yang sanggup ditahan oleh tiang *helical*. Semakin besar nilai eksentrisitas maka semakin kecil kekuatan tiang *helical* pada tanah gambut, untuk pengurangan 20 cm nilai eksentrisitas, menambah daya dukung lateral ultimate rata-rata 39 N pada tanah gambut.
6. Analitis dalam penelitian ini menggunakan metode Broms (1964) dan Brinch Hansen (1961), dimana tanah diasumsikan sebagai tanah kohesif.
7. Hasil *trial and error* dalam menentukan nilai korelasi c_u adalah $0,05c_u$.

6. SARAN

Dari hasil pengujian dilapangan dan pembahasan maka dapat dituliskan beberapa saran sebagai berikut

1. Penelitian selanjutnya perlu menyelidiki faktor koreksi daya dukung secara analitis agar lebih mendekati hasil pengujian dilapangan.
2. Diperlukan suatu penelitian yang mengkaji nilai faktor *safety* (Sf) yang tepat pada tanah gambut.
3. Pada Penelitian selanjutnya diperlukan lebih banyak variasi diameter agar mengetahui bagaimana pengaruh terhadap perilaku pembebanan pondasi tiang *helical* pada tanah gambut.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Waruwu Aazokhi. 2012. *Prilaku Tanah Gambut Berserat*. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, vol. 26, No. 1.
- Sakr Mohammed. (2010). *Lateral Resistance of High Capacity Helical Piles – Case Study*. Almita Manufacturing Ltd. Ponaka, Alberta, Canada.
- Hery Christady, H. 2008. *Rekayasa Pondasi II*. Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta: Beta Offset. Vol ; 4.
- Adi Sapria. 2016. *Analisis Pengaruh Variasi Diameter Pelat Helical Terhadap Daya Dukung Pondasi Helical Pada Tanah Gambut*. Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Nurdin Sukirman. 2011. *Analisis Perubahan Kadar Air dan Kuat Geser Tanah Gambut Lalombi Akibat Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan*. Jurnal SMARTek, vol. 9, No. 2: 88 – 108.
- Hubbel. 2013. *Helical Screw Foundation System Design Manual for New Construction*. A. B. Chance Company. Step 5 Lateral Capacity.
- Panjaitan N Ria Sulta. 2013. *Kajian Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Gambut Muara Batang Toru Sumatera Utara Setelah Mengalami Pemampatan Awal*. Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Medan, vol. 2, No. 1.
- Fatnanta Ferry et al. 2013. *Prakiraan Nilai Kuat Geser Tanah Lunak Berdasarkan Pengujian Mac Kintosh Probe (214G)*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Riau, Pekanbaru
- ASTM D4427-92. 2002. *Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing*. International Journal of the Physical Sciences. United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.