

**PENGARUH JUMLAH PELAT *HELICAL* TERHADAP DAYA DUKUNG TEKAN
PONDASI TIANG *HELICAL* PADA TANAH GAMBUT DENGAN METODA
PEMBEBANAN *CONSTANT STRESS OF PENETRATION***

Fauzan Usman¹, Ferry Fatnanta², Soewignjo Agus Nugroho²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : fauzan.usman@student.unri.ac.id

ABSTRACT

The selection of the type of foundation is very influential on the strength of a building construction. One of the alternatives that can be used as a substitute for cerucuk foundation is helical pile foundation. Helical pile a manufactured steel foundation consisting of one or more helix-shaped bearing plates affixed to a central shaft that is rotated into the ground to support structures. This research presented result of static loading test constant stress of penetration method helical pile conducted at peat. Result of data from loading test in the form of load and settlement will be interpreted with tangent of intersection method, and Terzaghi and Peck method. The addition of helical plate under first helical does not give any effect on pile capacity if helical diameter is smaller, when a helical plate at the same diameter is added, the pile capacity increase. For empiric formula calculation of helical pile capacities show that chylindrical shear closer to the results of loading test, with standard error of 1,06.

Key words: helical pile, peat, individual plate bearing, cylinder shear

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki lahan gambut yang luas di dunia. Luas lahan gambut Indonesia di duga antara 17 juta hingga 27 juta hektar (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 2004). Luas area tanah gambut yang besar merupakan suatu kendala dalam pengembangan infrastruktur suatu wilayah. Hal ini disebabkan tanah gambut merupakan tanah sangat lunak (*very soft soil*) dengan daya dukung yang sangat rendah dan mempunyai sifat mudah mampat jika terdapat beban yang bekerja di atasnya (Yulianto & Harwadi 2013).

Apabila kemampuan untuk mendukung beban lebih rendah dari pada berat konstruksi yang harus dipikulnya maka akan terjadi keruntuhan (*bearing capacity failure*). Begitu juga dengan pemampatan yang tidak merata

(*differential settlement*) akan menyebabkan terjadinya retak-retak struktur atau miringnya konstruksi yang ada. Karena sifat tanah gambut yang tidak menguntungkan tersebut maka para ahli teknik sipil selalu mengalami kesulitan untuk membangun di atas lapisan tanah gambut.

Menurut (Mochtar dan Imananto 1999) tanah gambut adalah tanah yang mempunyai kandungan organik yang cukup tinggi. Tanah gambut mempunyai sifat yang kurang menguntungkan bagi konstruksi bangunan sipil, sehingga diperlukan suatu metode konstruksi yang dapat menambah kekuatan dukung tanah gambut. Pada umumnya di Indonesia apabila ingin membangun suatu konstruksi bangunan 1-2 lantai di atas tanah gambut digunakan cerucuk dengan diameter 10-20 cm dan panjang 3-4 meter. Namun,

material cerucuk sendiri makin lama makin susah didapat, maka diperlukan alternatif yang lain (Nugroho 2011). Salah satu alternatif konstruksi yang dapat digunakan untuk menggantikan cerucuk adalah penggunaan pondasi tiang *helical* (Alexander Mitchell, 1833). Pondasi tiang *helical* telah banyak di aplikasikan pada bangunan dengan model pembebanan aksial tekan, tarik, guling, dan lateral seperti tower transmisi, mercusuar, jaringan pipa dan lainnya.

Study tentang pondasi tiang *helical* pernah dilakukan oleh mooney et al (1985) yang meneliti kekuatan tarik pondasi tiang *helical* pada tanah lempung dan lanau, A B Chance Company (1989) yang menemukan faktor korelasi torsi untuk menghitung daya dukung pondasi tiang *helical* dilapangan berdasarkan pengalaman empiris dengan menanam pondasi tiang *helical*, Rao dkk (1991) meneliti mekanisme kegagalan pembebanan pondasi tiang *helical* pada tanah lempung padat, Prasad dan Rao (1996) meneliti daya dukung lateral pondasi tiang *helical* pada tanah lempung, Herwanto dan Sarip (2002) melakukan penelitian tentang pengembangan kapasitas daya dukung pondasi tiang dengan penggunaan tiang ulir.

Studi tentang pengaruh variasi jumlah plat *helical* juga telah banyak dilakukan oleh mahasiswa teknik sipil Universitas Riau, salah satunya Parlan (2016). Parlan (2016) menguji tentang pengaruh jumlah plat *helical* terhadap daya dukung pondasi tiang *helical* pada tanah gambut. Namun studi ini menggunakan sistem pembebanan *constant strain*. Sistem pembebanan *constant strain* mempunyai kelebihan dalam waktu pengujiannya, dimana proses penelitiannya lebih cepat. Namun sistem pembebanan ini tidak mencerminkan kondisi yang sebenarnya tentang bagaimana yang sebenarnya terjadi di lapangan. Oleh karena itu, penulis melakukan pengujian terhadap tiang *helical* tentang bagaimana kondisi yang sesungguhnya dilapangan pada saat

tiang *helical* diberikan beban, salah satunya yaitu dengan metode pembebanan *Constant Stress of Penetration*.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan perilaku pengaruh variasi jumlah *helical* terhadap daya dukung tekan pondasi *helical* pada tanah gambut.
2. Mendapatkan daya dukung tekan untuk setiap variasi jumlah plat *helical* berdasarkan pengujian model di lapangan.
3. Menganalisis daya dukung tekan tiang berdasarkan teoritis, selanjutnya dapat dibandingkan dengan hasil daya dukung tekan berdasarkan pengujian model di lapangan.
4. Membandingkan dan menganalisis daya dukung tekan *helical pile* dengan cerucuk atau tiang polos.

Rumusan masalah di dalam penelitian ini adalah seberapa besar pengaruh variasi jumlah plat *helical* terhadap daya dukung tekan tiang *helical* di dalam tanah gambut secara teoritis dan pemodelan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang Pernah Dilakukan

Rao dkk (1991) menyelidiki pengaruh jumlah plat *helical* pada pondasi tiang *helical* untuk mencapai daya dukung maksimal pada tanah lempung, menggunakan model *helical screw pile*, yang ditanam pada tanah lempung padat. Jumlah plat *helical* memberikan pengaruh yang signifikan pada kapasitas dukung dan kekakuan pondasi dalam merespon beban, kesimpulan dari penelitian tersebut adalah kapasitas dukung maksimum akan di capai pada jumlah *helical* yang terbanyak.

Berdasarkan observasi tersebut Rao et al (1991) menemukan kekurangan persamaan kegagalan slinder yang diajukan Mooney dkk (1985) yaitu jika digunakan pada pondasi tiang *helical* yang $S/D > 1,5$ kapasitas dukung uji pembebanan di lapangan lebih kecil 40% dari daya dukung yang diperkirakan secara

teori. Berdasarkan penelitian tersebut mekanisme kegagalan slinder tidak cocok

Parlan (2016) melakukan penelitian pada pondasi tiang *helical* pengaruh jumlah plat *helical* terhadap daya dukung pondasi tiang *helical* pada tanah gambut. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa penambahan jumlah plat *helical* diametersama secara umum akan menambah besar beban yang mampu ditahan pondasi tiang *helical*.

Tanah Gambut

Tanah gambut (*peat*) termasuk tanah organik, secara visual terlihat sebagai massa berserat mengandung kekayuan, biasanya berwarna gelap dan berbau tumbuhan yang membusuk. Adanya bahan-bahan organik pada tanah cenderung mengurangi kekuatan tanah tersebut. Tanah ini mengandung bahan organik yang tinggi mempunyai kuat geser yang rendah, mudah mampat dan bersifat asam yang dapat merusak material bangunan.

Menurut ASTM D2607-69 (1989) istilah tanah gambut hanya berhubungan dengan bahan organik yang berasal dari proses geologi selain batu bara. Terbentuknya dari tumbuhan yang sudah mati, berada dalam air dan hampir tidak ada udara. Didalamnya terjadi rawa-rawa dan mempunyai kadar abu tidak lebih dari 25% dari berat keringnya. Dengan demikian rawa merupakan tempat terjadinya tanah gambut dipengaruhi oleh iklim, hujan, pasang surut, jenis vegetasi rawa, topografi dan beberapa aspek geologi serta hidrologi daerah setempat.

Pondasi Tiang Helical

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 tiang *helical* telah digunakan lebih dari 170 tahun yang lalu.

Pondasi tiang *helical* digunakan pertama kali oleh Insiyur kebangsaan Irlandia Alexander Mitchell (1833) di

digunakan pada pondasi tiang *helical* S/D >1,5.

Inggris. Ia merancang pondasi untuk membangun mercusuar (*Thames Estuary*) untuk mendukung bangunan di daerah pasang surut. Pondasi ini dibuat dari batangan baja yang diberi *helical*. Pondasi tiang *helical* dipasangkan dengan memberikan beban tekan pada batang kemudian dimasukkan ke dalam tanah dengan cara diputar hingga mencapai tanah dengan kedalaman tertentu. Pondasi berfungsi meneruskan beban dari bangunan atas (*Upper Structure*) kelapisan tanah dibawahnya tanpa mengalami keruntuhan geser tanah dan penurunan (*Settlement*) tanah/pondasi yang berlebihan.

Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Helical

Kapasitas dukung pondasi tiang *helical* (Q_{ult}) bisa didefinisikan sebagai kemampuan pondasi tiang *helical* dalam meneruskan beban kedalam tanah tanpa menyebabkan penurunan yang berlebihan sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan. Pada penelitian ini menggunakan dua metode untuk menentukan daya dukung secara perhitungan yaitu: *Individual Plate Bearing Method*, dan *Cylindrical Shear Method*.

Metode Interpretasi Kapasitas Dukung Tekan Pondasi

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan daya dukung tekan pondasi dengan menggunakan hasil pengujian pembebanan secara langsung. Dalam penelitian ini, digunakan metode *Tangent Intersection Method* dan *Terzaghi and Peck Method*.

Metode Pembebanan pada Tiang Pondasi

Pada penelitian ini metode pembebanan yang digunakan adalah metode pembebanan *Constant Stress of Penetration*. Metode pengujian ini mengacu pada standar pengujian ASTM D1143-81 (1989), "*Standard Test Method*

for Piles Under Static Axial Compressive Loads”, Section 5.1, “Standard Loading Procedure”.

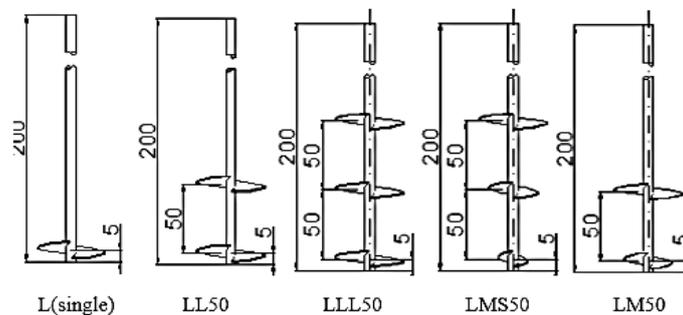
C. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Pengujian dilakukan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Riau. Untuk memudahkan pengujian dibuat kolam penelitian berukuran 5 m x 2,5 m x 1,8 m. Kolam pengujian diisi tanah gambut yang diambil dari daerah Rimbo Panjang, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar.

Geometri Pondasi Tiang Helical

Dalam penelitian ini pondasi tiang *helical* yang digunakan terbuat dari baja dengan bentuk silinder berdiameter 6 cm terbuat dari pipa galvanis, dengan jarak antara *helical* 50 cm. Untuk pondasi tiang *helical* yang diameter *helical* nya seragam digunakan *helical* dengan diameter 35 cm (L). Sedangkan untuk pondasi tiang *helical* membesar keatas dipakai pondasi tiang dengan diameter *helical* 15 cm (S), 25 cm (M), 35 cm (L). Untuk lebih jelasnya geometri pondasi tiang *helical* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Geometri Pondasi Tiang *Helical* Variasi Jumlah Plat

Keterangan Gambar 1:

- L(Single): Pondasi tiang *helical* dengan 1 plat *helical* berdiameter 35 cm (L).
- LL50 : Pondasi tiang *helical* dengan 2 plat *helical* berdiameter 35cm (L) dan jarak antar helix 50 cm.
- LLL50 :Pondasi tiang *helical* dengan 3 plat *helical* berdiameter 35 cm (L) dan jarak antar helix 50 cm.
- LMS50 :Pondasi tiang *helical* dengan 3 plat *helical* berdiameter 35 cm (L), 25 cm (M), 15cm (S) dan jarak antar helix 50 cm.
- LM50 : Pondasi tiang *helical* dengan 2 plat *helical* berdiameter 35 cm (L), 25 cm (M) dan jarak antar helix 50cm.

Geometri Cerocok

Pada penelitian ini selain menggunakan pondasi tiang *helical* juga menggunakan cerocok sebagai pembanding daya dukung yang di hasilkan pondasi tiang *helical*. Cerocok yang di gunakan berdiameter 10,20 cm. Diukur

sebanyak tiga segmen yaitu bagian bawah, bagian tengah, dan atas, kemudian dirata-ratakan.

Data Uji Laboratorium

Data uji laboratorium didapatkan berdasarkan pengujian sampel tidak terganggu didapat dari pengujian *hand bor*. Uji laboratorium yang digunakan pada penelitian ini adalah: Kadar air, berat volume gambut, kadar serat, kadar abu, Gs. Data tersebut diambil dari penelitian sebelumnya di lokasi dan tanah yang sama.

Pengujian Kuat Geser Baling-baling Lapangan (*Field Vane Shear*)

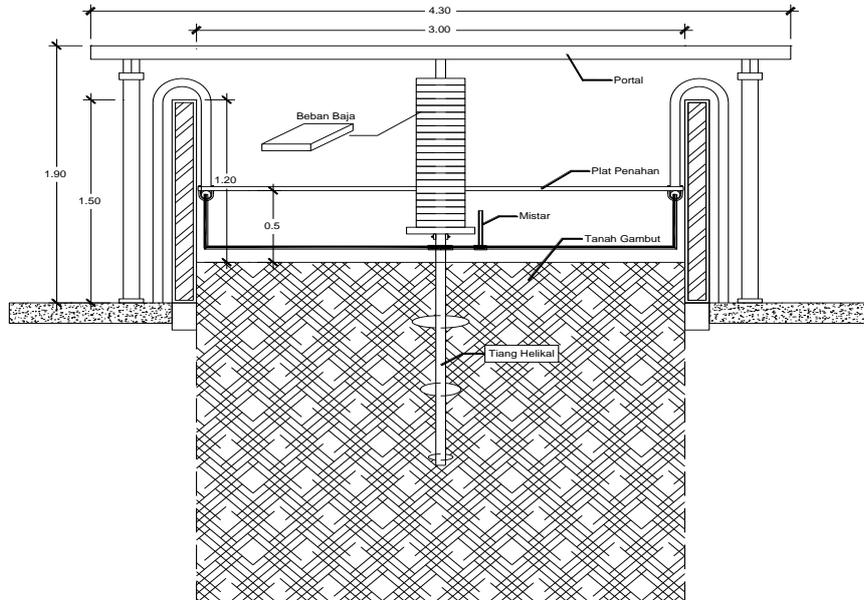
Field vane shear adalah suatu cara untuk mengukur kekuatan geser tanah berbutir halus di lapangan. Alat uji *vane shear* terdiri dari baling-baling empat sayap saling tegak lurus melekat pada ujung batang baja. Metode pengujian *fieldvane shear* dilakukan dengan menenggelamkan kipas dan batangnya kedalam tanah dengan cara ditekan sampai pada kedalaman tertentu. Selanjutnya

dilakukan putaran pada batang putar (*torque rod*) dengan kecepatan rotasi dalam interval 6° sampai 12° per menit.

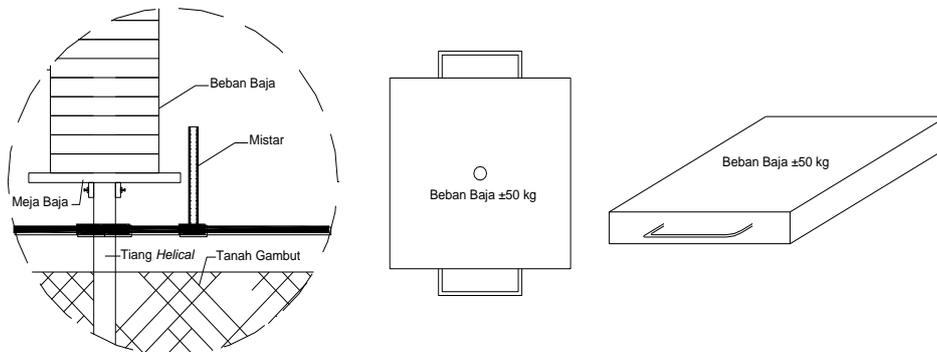
Pengujian Daya Dukung Pondasi Dengan Beban Statis Tipe *Constant Stress of Penetration / Stress Controlled*

Pengujian pemodelan pondasi *helical* dilakukan di dalam bak berisi tanah

gambut. Bak tersebut dilengkapi dengan rangkaian portal terbuat dari baja. Portal berfungsi sebagai perletakan rangkaian alat uji daya dukung pondasi. Skema Pembebanan Statis Metode *Constant Stress of Penetration* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Pembebanan Statis Metode *Constant Stress of Penetration*
Sumber : Penelitian

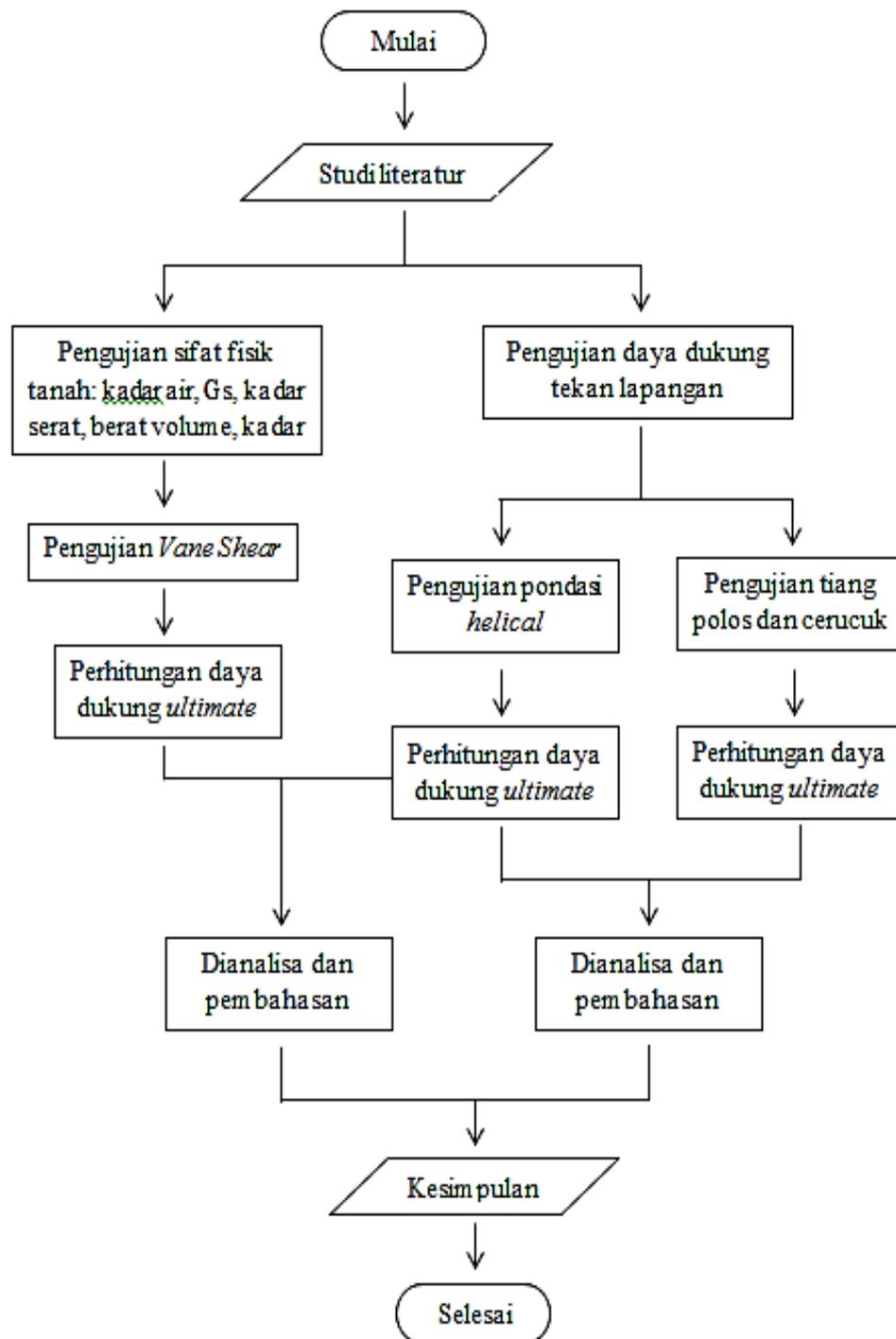


Gambar 3. Detail Pembebanan Statis Metode *Constant Stress of Penetration*
Sumber : Penelitian

Bagan Alir Penelitian

Tahap – tahap yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam

bagian alir penelitian pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tanah Gambut

Tanah yang akan digunakan dalam penelitian ini sudah diuji pada penelitian sebelumnya di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau untuk mendapatkan sifat

fisiknya. Sampel diambil pada 2 titik dalam area kolam pengujian. Sampel diambil pada kedalaman 50 cm – 100 cm dan 100 cm – 150 cm. Hasil pengujian sifat fisik tanah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Gambut

Karakteristik Tanah Gambut	Satuan	Hasil per Kedalaman		
		50 - 100 cm	100 - 150 cm	
Kadar air rerata (w)	W	%	190,949	236,837
Berat Volume basah	γ_{wet}	gr/cm ³	0,794	0,795
Berat Volume kering	γ_{dry}	gr/cm ³	0,273	0,236
Specific Gravity	Gs	-	1,355	1,480
Kadar Abu		%	35,544	54,463
Kadar Serat		%	5,281	6,114

Sumber: Parlan dkk (2016)

Pada Tabel 1 terlihat bahwa gambut yang diteliti dapat diklasifikasikan sebagai *sapric peat* berdasarkan ASTM D4427-84 (1989) karena memiliki kadar serat <33% dan sebagai *High Ash-peat* (tanah gambut dengan kadar abu tinggi) menurut ASTM D4427-84 (1989) karena mengandung kadar abu > 15 %, dan termasuk sebagai tanah gambut tidak berserat (Amorphous Granular Peat) menurut Mac Farlane dan Radforth (1965) karena mengandung < 20 % kadar serat.

Dari uji *vane shear* nilai C_u terkoreksi yang didapatkan pada penelitian saat ini yaitu berkisar antara 33,83 sampai 43,56 kPa dengan rata – rata nilai C_u terkoreksi adalah 37,95 kPa. Untuk hasil keseluruhan tiang dapat dilihat pada Tabel 2.

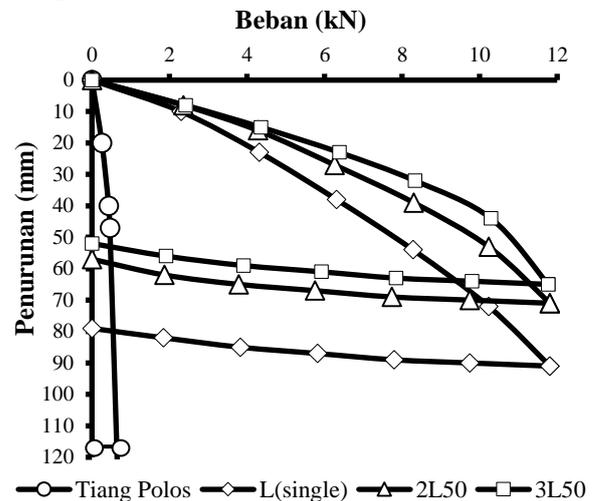
Tabel 2. Hasil Pengujian *Field Vane Shear*

Nama Pondasi	Kuat geser (C_u), kPa	
	C_u bacaan alat VSL	C_u koreksi alat VSL
LLL 50	21,78	43,56
LL 50	19,96	39,92
L 50	16,92	33,83
LMS 50	17,46	34,92
LM 50	21,22	42,44
Cerucuk ϕ 10.20	18,33	36,67
Polos	17,17	34,33

Hasil Pengujian Tiang Tanpa *Helical* dan Variasi Jumlah Plat *Helical* Diameter Sama

Gambar 5 menampilkan grafik hubungan beban - penurunan variasi jumlah plat *helical* diameter yang sama.

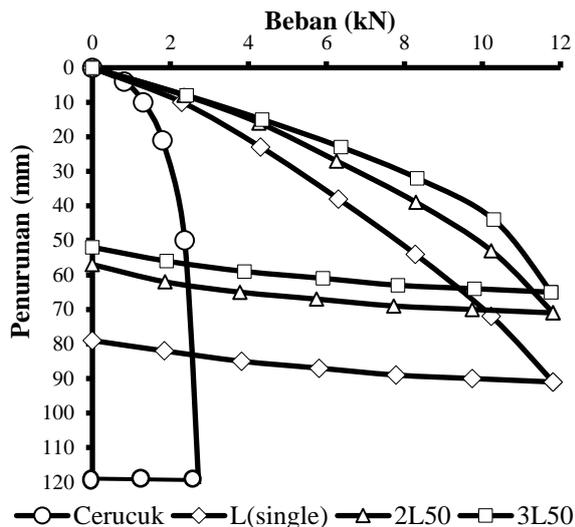
Dari data pengujian yang di tampilkan gambar 13 dapat diketahui bahwa plat *helical* berpengaruh terhadap beban yang mampu ditahan pondasi tiang *helical*. Penambahan jumlah plat *helical* akan memperbesar beban yang ditahan pondasi tiang *helical*.



Gambar 5. Grafik Hubungan Beban – Penurunan Variasi Jumlah Plat *Helical* Diameter Sama Pengujian Saat Ini

Perbandingan Pengujian Cerocok dan Pondasi Tiang *Helical*

Perbandingan hasil pengujian cerocok dan pondasi tiang *helical* ditampilkan pada Gambar 6. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa plat *helical* berpengaruh terhadap beban yang mampu ditahan pondasi. Penambahan plat *helical* di ujung tiang dengan diameter sama pada pondasi menyebabkan beban yang mampu ditahan pondasi tiang *helical* lebih besar dari pada cerocok.

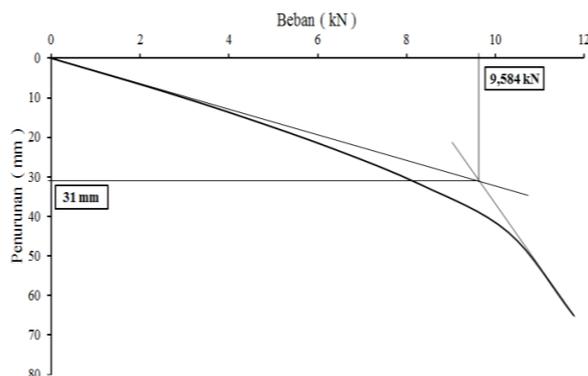


Gambar 6. Grafik Hubungan Beban - Penurunan Cerocok dan Tiang Plat Helical Pengujian Saat Ini

Interpretasi Hasil Pengujian Beban Pondasi Tiang Helical

1) Tangent Intersection Method

Gambar 7 menunjukkan cara interpretasi daya dukung batas (Q_{ult}) Metode *Point of Tangent Intersection* untuk data hasil pengujian tiang LLL50. Berdasarkan Gambar 7 tersebut diketahui daya dukung batas (Q_{ult}) interpretasi pondasi LLL50 adalah sebesar 9,584 kN. Hasil interpretasi data semua uji beban ditampilkan pada Tabel 3.

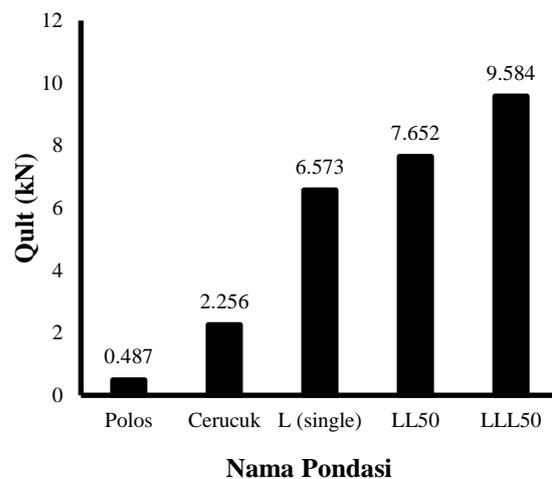


Gambar 7. Gambar Interpretasi Q_{ult} Untuk Tiang LLL50 Metode *Tangent Intersection*

Tabel 3. Hasil Interpretasi Q_{ult} Metode *Point of Tangent Intersection*

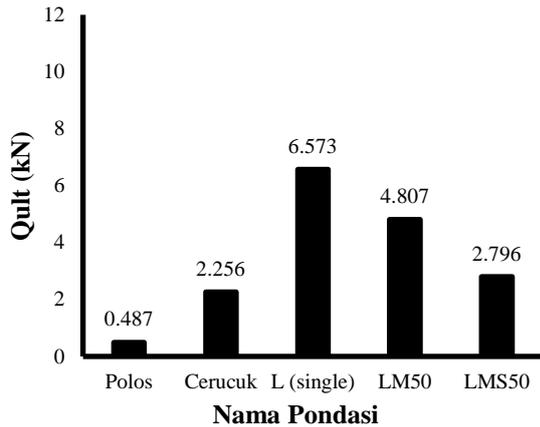
Nama Tiang	Q_{ult} (kN)
LLL50	9,584
LL50	7,652
L (single)	6,573
LM50	4,807
LMS50	2,796
Cerucuk	2,256
Polos	0,487

Dari hasil uji beban yang dilakukan terlihat penambahan plat *helical* berpengaruh terhadap daya dukung. Secara umum pondasi tiang *helical* menghasilkan daya dukung ultimate sebesar 570% - 2000% lebih besar dibandingkan pondasi tiang tanpa *helical*. Daya dukung ultimate, Q_{ult} yang dihasilkan pondasi tiang *helical* lebih besar 120% - 430% dibandingkan daya dukung yang dihasilkan cerocok. Hasil interpretasi daya dukung batas Q_{ult} , pengujian ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Daya Dukung Batas, Q_{ult} Pengujian Variasi Jumlah *Helical* Diameter Sama

Gambar 8 menunjukkan semakin banyak jumlah plat *helical* diameter yang sama pada pondasi tiang maka semakin besar daya dukung yang dihasilkan.

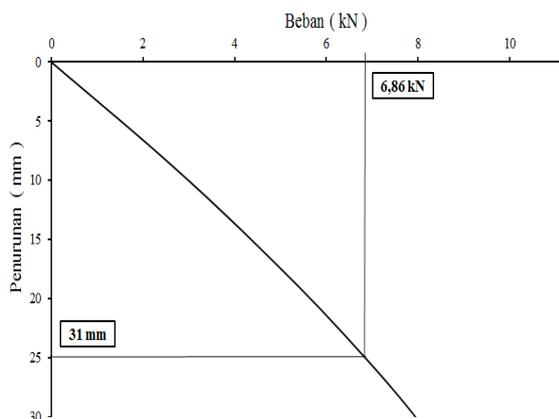


Gambar 9. Daya Dukung Batas, Q_{ult} Pengujian dengan Variasi Jumlah *Helical* Diameter Berbeda

Terlihat pada Gambar 9 apabila plat *helical* paling bawah lebih kecil maka penambahan jumlah plat *helical* tidak berpengaruh signifikan terhadap daya dukung bahkan dapat mengurangi dari daya dukung tiang. Karena tahanan ujung yang dihasilkan kecil maka daya dukung pondasi tiang *helical* LMS 50 lebih kecil dibandingkan pondasi tiang *helical* yang lain.

2) Terzaghi and Peck Method

Cara interpretasi daya dukung batas (Q_{ult}) metode *Terzaghi and Peck* untuk data hasil pengujian tiang LLL50 dapat dilihat pada Gambar 10. Berdasarkan Gambar 10 tersebut diketahui daya dukung batas (Q_{ult}) interpretasi pondasi LLL50 adalah sebesar 6,867 kN.



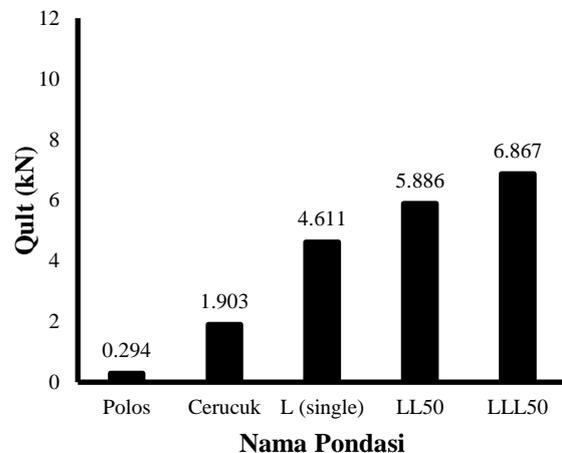
Gambar 10. Gambar Interpretasi Q_{ult} untuk Tiang LLL50 Metode *Terzaghi and Peck*

Hasil interpretasi data semua uji beban dengan Metode Terzaghi and Peck ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil interpretasi daya dukung batas, Q_{ult} Metode Terzaghi and Peck

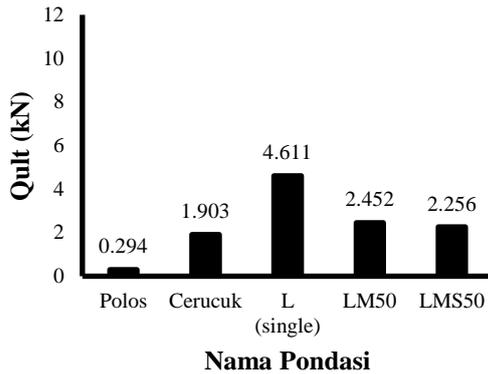
Nama Tiang	Beban (kN)
LLL50	6,867
LL50	5,886
L (single)	4,611
LM50	2,453
LMS50	2,256
Cerucuk	1,903
Polos	0,294

Secara umum pondasi tiang *helical* menghasilkan daya dukung ultimate, Q_{ult} 760% - 2300% lebih besar dibandingkan pondasi tiang tanpa *helical*. Daya dukung ultimate, Q_{ult} yang dihasilkan pondasi tiang *helical* lebih besar 120% - 360% dibandingkan daya dukung yang dihasilkan cerocok. Hasil interpretasi daya dukung batas Q_{ult} , pengujian ditampilkan pada gambar 11 dan gambar 12.



Gambar 11. Daya Dukung Batas, Q_{ult} Pengujian Variasi Jumlah *Helical* Diameter Sama

Sesuai gambar 11 penambahan plat *helical* pada pondasi tiang menambah daya dukung. Semakin banyak jumlah plat *helical* diameter yang sama pada pondasi tiang maka semakin besar daya dukung yang dihasilkan.



Gambar 12. Daya Dukung Batas, Q_{ult} Pengujian dengan Variasi Jumlah *Helical* Diameter Berbeda

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa tiang L(*single*) mempunyai daya dukung lebih besar dari pada tiang pondasi LM50 dan LMS50. Sama halnya pada metode *Tangent Intersection* apabila plat *helical* paling bawah lebih kecil maka penambahan jumlah plat *helical* tidak berpengaruh signifikan terhadap daya dukung bahkan dapat mengurangi daya dukung tiang.

Daya Dukung Pondasi Tiang *Helical* Secara Perhitungan

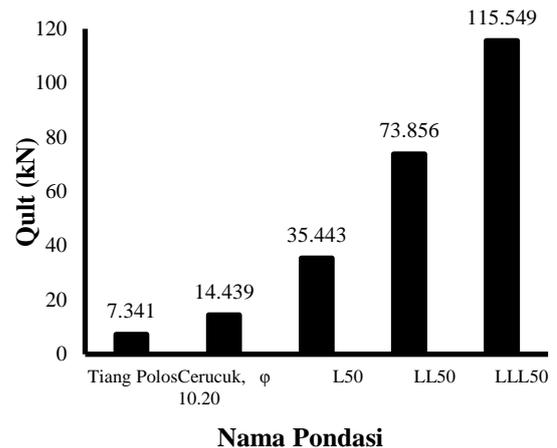
Pada penelitian ini daya dukung secara perhitungan menggunakan 2 metode yaitu *Individual Plate Bearing Method* dan *Cylindrical Shear Method*.

1) *Individual Plate Bearing Method*

Hasil perhitungan pondasi tiang *helical* dengan metode *Individual Plate Bearing* ditampilkan dalam Tabel 5, Gambar 13, dan gambar 14.

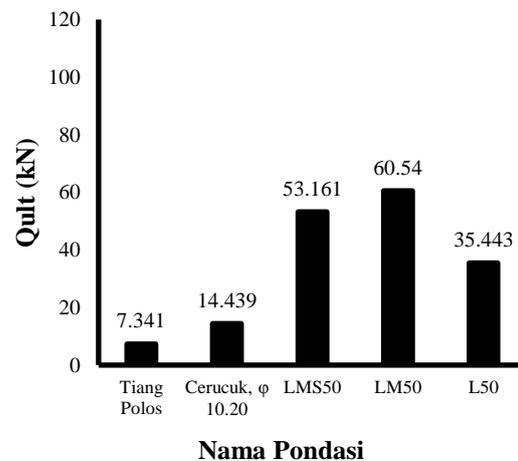
Tabel 5. Hasil Perhitungan Daya Dukung Batas, Q_{ult} Metode *Individual Plate Bearing*

Nama Pondasi	Cu (kPa)	Qult (kN)
Tiang Polos	43,56	7,341
Cerucuk	39,92	14,439
LMS50	33,83	53,161
LM50	34,92	60,540
L50	42,44	35,443
LL50	36,67	73,856
LLL50	34,33	115,549



Gambar 13. Grafik Hasil Perhitungan Daya Dukung Batas, Q_{ult} Analitis Metode *Individual Bearing* Variasi Diameter Sama

Berdasarkan Gambar 13 terlihat bahwa penambahan plat *helical* dengan diameter sama pada pondasi tiang berpengaruh terhadap daya dukung. Semakin banyak jumlah plat *helical* pada pondasi tiang semakin besar daya dukung yang dihasilkan.



Gambar 14. Hasil Perhitungan Daya Dukung Batas, Q_{ult} Analitis Metode *Individual Bearing* Variasi Diameter Berbeda

Secara teori pada metode *individual bearing* penambahan jumlah plat *helical* akan menambah daya dukung. Selain penambahan jumlah plat *helical* kuat geser tanah juga berpengaruh terhadap perhitungan daya dukung secara analitis. Gambar 14 menunjukkan bahwa daya dukung batas, Q_{ult} pondasi LMS50 lebih kecil dari LM50 hal ini karena nilai

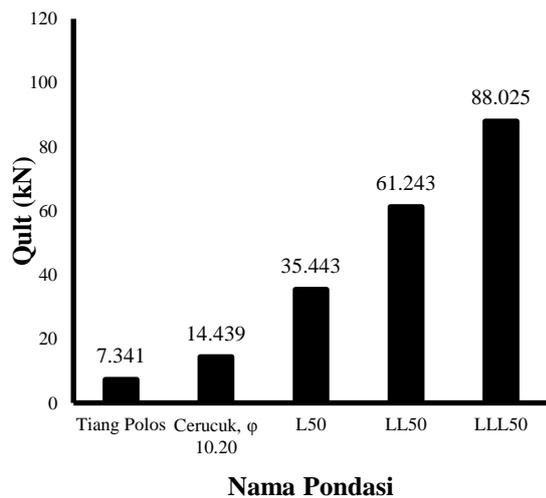
kuat geser pada saat pengujian LMS50 lebih kecil dibandingkan nilai kuat geser LM50.

Cylindrical Shear Method

Hasil daya dukung batas, Q_{ult} pondasi tiang *helical* untuk metode *Cylindrical Shear* ditampilkan pada Tabel 6, Gambar 15, dan Gambar 16.

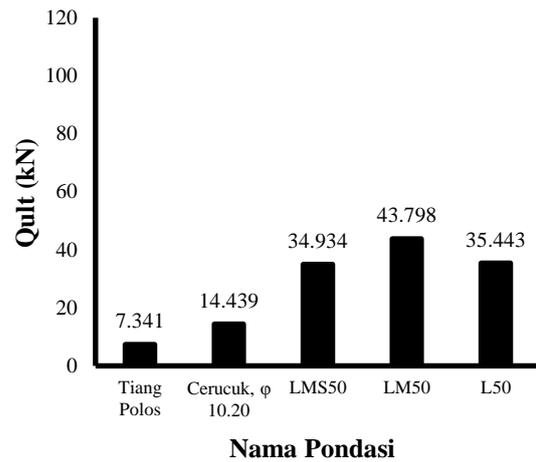
Tabel 6. Hasil Perhitungan Daya Dukung Batas Q_{ult} Metode *Cylindrical Shear*

Nama Pondasi	Cu (kPa)	Q_{ult} (kN)
Tiang Polos	43,56	7,341
Cerucuk	39,92	14,439
LMS50	33,83	34,934
LM50	34,92	43,798
L50	42,44	35,443
LL50	36,67	61,243
LLL50	34,33	88,025



Gambar 15. Hasil Perhitungan Daya Dukung Batas, Q_{ult} Secara Analitis Metode *Cylindrical Shear* Variasi Jumlah *Helical* Diameter Sama

Gambar 15 menunjukkan penambahan plat *helical* pada Metode *Cylindrical Shear* dianggap sebagai hambatan lengketan (friksi) diameter rata – rata plat *helical* disepanjang tiang dengan tanah. Semakin besar jarak plat *helical* paling bawah dan plat *helical* paling atas semakin besar daya dukung yang dihasilkan.

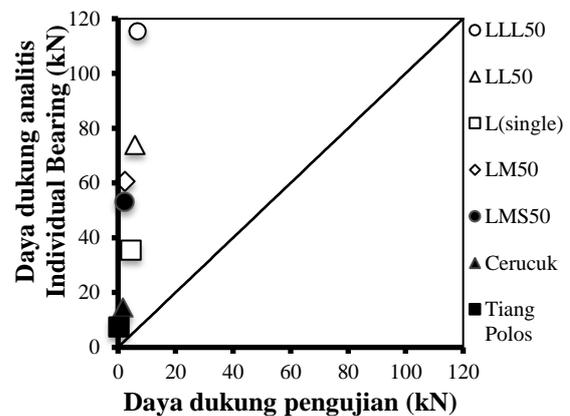


Gambar 16. Hasil Perhitungan Daya Dukung Batas, Q_{ult} Secara Analitis Metode *Cylindrical Shear* Variasi Jumlah *Helical* Diameter Berbeda

Gambar 16 menunjukkan diameter plat *helical* paling bawah berpengaruh secara signifikan.

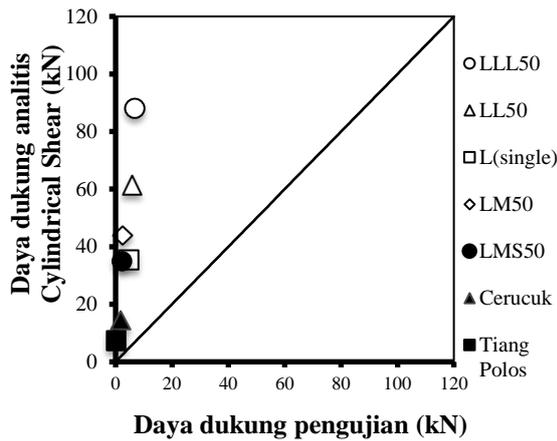
Perbandingan Hasil Perhitungan Analitis Dan Pengujian

Berdasarkan Gambar 17 dan 18 akan ditentukan *standar error* untuk mengetahui metode analitis yang paling mendekati daya dukung batas Q_{ult} pengujian.



Gambar 17. Perbandingan Daya Dukung Pengujian dan Daya Dukung Analitis Metode *Individual Bearing*

Gambar 17 menampilkan hasil perhitungan daya dukung batas, Q_{ult} analitis metode *individual bearing* dibandingkan Q_{ult} hasil uji beban di lapangan dengan *standar error* rata - rata 15,83.

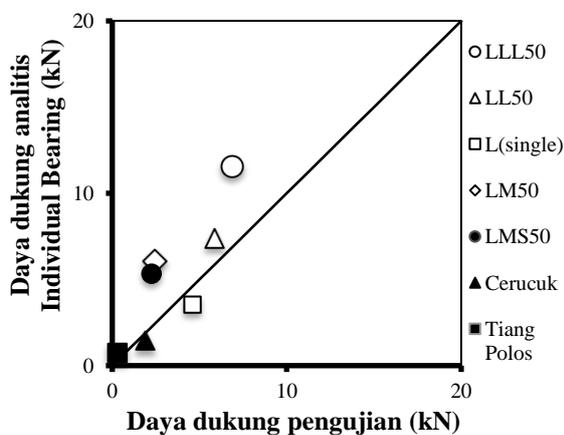


Gambar 18. Perbandingan Daya Dukung Pengujian dan Daya Dukung Analitis Metode *Cylinder Shear*

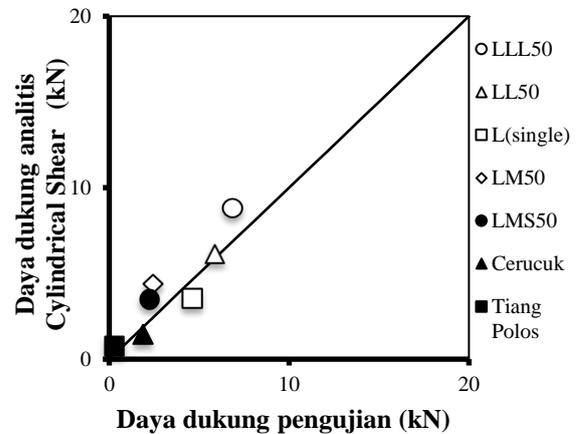
Gambar 18 menampilkan perbandingan daya dukung batas, Q_{ult} analitis metode *Cylinder Shear* dan daya dukung batas, Q_{ult} pengujian lapangan dengan *standar error* 12,82.

Perbandingan daya dukung pengujian dengan daya dukung analitis metode *Cylinder Shear* dan metode *Individual Bearing* yang menghasilkan nilai *standar error* yang cukup besar maka dilakukan koreksi nilai S_u terhadap tanah gambut dengan menggunakan metode *trial and error*. Dari metode *trial and error* didapatkan nilai koreksi nilai S_u sebesar 0,1.

Gambar 19 dan Gambar 20 menunjukkan perbandingan daya dukung pengujian dengan daya dukung analitis metode *Individual Bearing* dan *cylinder Shear* setelah melakukan koreksi nilai S_u terhadap tanah gambut.



Gambar 19. Perbandingan Daya Dukung Pengujian dan Daya Dukung Analitis Metode *Cylinder Shear* Setelah Koreksi S_u



Gambar 20. Perbandingan Daya Dukung Pengujian dan Daya Dukung Analitis Metode *Cylinder Shear* Setelah Koreksi S_u

Berdasarkan hasil perhitungan nilai koreksi S_u terhadap tanah gambut menggunakan metode *trial and error* diketahui bahwa perhitungan daya dukung batas, Q_{ult} metode *Individual Bearing* mendekati daya dukung batas pengujian dengan *standar error* 1,90. Daya dukung batas, Q_{ult} metode *Cylinder Shear* mendekati hasil daya dukung batas Q_{ult} pengujian dengan *standar error* 1,06.

E. KESIMPULAN

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

1. Dari hasil uji beban yang dilakukan terlihat penambahan plat *helical* berpengaruh terhadap daya dukung. Secara umum pondasi tiang *helical* menghasilkan daya dukung batas, Q_{ult} 570% - 2000% lebih besar dibandingkan pondasi tiang tanpa *helical*.
2. Daya dukung yang dihasilkan pondasi tiang *helical* menghasilkan daya dukung batas, Q_{ult} lebih besar 120% - 430% dibandingkan daya dukung batas, Q_{ult} yang dihasilkan cerocok, sehingga pondasi tiang *helical* bisa menjadi

- alternatif lain pengganti cerocok dalam aplikasi perbaikan daya dukung pada tanah.
3. Pondasi tiang 3 plat *helical* diameter sama menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan pondasi tiang 1 dan 2 *helical*.
 4. Plat *helical* terbawah mempunyai peranan yang signifikan dalam menambah daya dukung pondasi *helical*. Daya dukung pondasi LMS50 lebih kecil dibandingkan L50. Hal ini karena plat *helical* paling bawah pada pondasi LMS50 menggunakan plat *helical* yang mempunyai diameter kecil, sehingga menghasilkan tahanan ujung lebih kecil.
 5. *Standar error* perhitungan daya dukung batas, Q_{ult} metode *individual bearing* mendekati daya dukung batas pengujian dengan nilai 1,90. *Standar error* daya dukung batas, Q_{ult} metode *cylinder shear* mendekati daya dukung batas Q_{ult} pengujian dengan standar error 1,06. Jadi berdasarkan analisa tersebut diketahui bahwa daya dukung secara analitis metode *cylinder shear* lebih mendekati daya dukung batas, Q_{ult} pengujian.

F. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Commite on Standard, 1978. ASTM D 2573-72. , pp.228–230.
- ASTM D1997-91. 2001. *Standard Test Method For Laboratory Determination of The Fiber Content of Peat Samples by Dry Mass*. United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.
- ASTM D2974-00. 2000. *Standard Test Method For Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils*. United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.
- Das, B.M., 2006. *Principles of Geotechnical Engineering* 5th ed. P. Daly, ed., Toronto, Kanada: Chris Carson.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004. PdT-06-2004-B.
- Herwanto, E.R. & Sarip, D.S., 2002. *Studi Pengembangan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Penggunaan Tiang Ulir*. Universitas Kristen Petra.
- L., A. & Jong, O.E., 1995. *Pengaruh Posisi “Helical Plate” pada Dinding Tiang Pondasi Terhadap Peningkatan Daya dukungnya*. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Nugroho, S.A., 2011. Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu. *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 18(1), pp.31–40.
- Parlan., 2016. *Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Pelat Helical Terhadap Daya Dukung Tekan Helical Pile Pada Tanah Gambut*. Pekanbaru.
- Perko, H.A., 2009. Bearing Capacity. In pp. 103–149.
- Prasad, Y.V.S.N. & Rao, S.N., 1996. Lateral Capacity of *Helical Pile* in Clays. *Journal of geotechnical engineering*, (11), pp.938 – 941.
- Rao, S.N., Prasad, y. v. s. n. & Shetty, M.D., 1991. The Behaviour Of Model Screw Piles In Cohesive Soils. *Soils And Foundation*, 31(2), pp.35–50.
- Sakr, M., 2009. Performance of *helical piles* in oil sand. *NRC Research Press*, 46, pp.1046–1061.
- Schmidt, R. & Sakr, M., 2008. *Screw Pile Design Engineering Handbook* Fifth Edit., AB.
- Willis, D., 2009. How to Design *Helical Piles* per the 2009 International Building Code. In *The International Building Code (IBC)*. Ram Jack Foundation Solutions.
- Yulianto, F.E. & Harwadi, F., 2013. Menentukan metode perbaikan untuk tanah gambut.
- Zhang, D.J.Y., 1999. *Predicting Capacity of Helical Screw Piles in Alberta Soils*. University Of Alberta.