

Analisis Kekuatan Daya Dukung Pondasi *Helical* Menggunakan Data Sondir Pada Tanah Gambut

Galang Maulana⁽¹⁾, Ferry Fatnanta⁽²⁾, Muhardi⁽³⁾

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293
Email: galangmaulana@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: a.muhardi@gmail.com

ABSTRACT

Bearing capacity of Helical Pile on peat soil can be obtained from cone penetration test (CPT). Bearing capacity based on CPT data is calculated by Bustamante & Ganeselli (LCPC) method, Schmertmann method, method Meyerhoff, Price & Wardle method, and Tumay & Fakhroo method. Meanwhile, there are two methods based on peat soil mechanisms to determine the bearing capacity of the helical pile such a cylindrical shear method and individual bearing method. This research evaluates bearing capacity of the five methods above by implementing two basic methods helical pile on peat soil that most closely to the actual bearing capacity. The results showed that the method Bustamante & Ganeselli (LCPC) to provide bearing capacity that most closely to the actual bearing capacity compared to other methods. Reduction factor is also necessary to modify bearing capacity the foundation Helical. After reduced, bearing capacity of each method has decreased significantly and tends to approach the actual bearing capacity.

Keywords: Cone Penetration Test, Helical Foundation, Peat, Capability, Reduction Factor.

I. PENDAHULUAN

Dalam desain struktur tanah pondasi sering dilakukan analisis stabilitas dan perhitungan desain pondasi suatu bangunan dengan menggunakan parameter tanah baik tegangan total maupun tegangan efektif. Parameter perlawanan penetrasi dapat diperoleh dengan berbagai cara. Dalam melakukan uji penetrasi lapangan ini digunakan metode pengujian lapangan dengan alat sondir (SNI 03-2827-1992).

Daya dukung pondasi helical pada tanah gambut ditentukan berdasarkan daya dukung tanah. Untuk mengetahui seberapa dekat daya dukung pondasi helical yang sudah dilakukan oleh tim peneliti (Sapria Adi, dkk) sebelumnya maka dilakukan pengujian Cone Penetration Test (CPT / Sondir). Dalam menghitung daya dukung tiang menggunakan data CPT ada sejumlah metode yang dapat digunakan antara lain metode LCPC, metode Schmertmann, metode Meyerhoff, metode Price & Wardle,

dan metode Tumay & Fakhroo yang memberikan hasil perhitungan daya dukung tiang yang berbeda-beda untuk itu diperlukan evaluasi dari beberapa metode tersebut sehingga didapat metode yang memberikan nilai daya dukung tiang yang mendekati nilai sesungguhnya. Tujuannya meningkatkan keakuratan dalam mendesain daya dukung pondasi helical pada tanah gambut.

II. TINJAUAN PUSTAKA Tanah Gambut

Tanah gambut merupakan tanah hidromorfik yang bahan asalnya sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik sisa-sisa tumbuhan dan selalu dalam keadaan tergenang air, dimana proses dekomposisinya berlangsung tidak sempurna sehingga terjadi penumpukan serta akumulasi bahan organik membentuk tanah gambut yang kedalamannya

dibeberapa tempat dapat mencapai 16 meter (Panjaitan, 2013).

Helical Pile

Tiang *helical* adalah tiang yang terbuat dari baja termasuk dalam salah satu elemen pondasi dalam yang terdiri dari poros tengah dan memiliki satu atau lebih pelat yang disebut heliks. Sebuah tiang *helical* diinstal dengan cara memutarinya ke dalam tanah. Setiap pelat *helix* dibentuk seperti benang sekrup yang seragam (*International Building Code*, 2009).

Cone Penetration Test (Sondir)

Menurut. (SNI 2827:2008), Untuk memperoleh parameter-parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan, dengan alat sondir (penetrasi quasi statik). Parameter tersebut berupa perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total tanah (T_f), yang dapat digunakan untuk interpretasi perlawanan tanah yang merupakan bagian dari desain fondasi.

Bustamante & Gianceselli (LCPC) Method

Metode ini mengestimasi daya dukung ujung dan daya tahanan kulit dengan menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT / Sondir). Menurut metode LCPC, tegangan daya dukung ujung *ultimate* didapat dari :

$$q_{ult} = q_{ca} k_c \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

q_{ca} = Tahanan ujung konus ekuivalen pada kedalaman pelat *helical*

k_c = Faktor penetrometer daya dukung ujung. Tappenden (2007) menyarankan nilai k_c sebesar 0.45 untuk perhitungan pondasi *helical*.

Schmertmann Method

Schmertmann menyarankan persamaan berikut untuk menghitung daya dukung ujung (q_t) dari resistensi kerucut ujung (q_c):

$$q_t = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

q_{c1} = nilai rata-rata q_c sondir pada zona perlawanan mulai dari 0.7D ke 4D di ujung pelat helix (di mana D adalah diameter pelat *helical*) dalam satuan Kg/cm^2 .

q_{c2} = nilai rata-rata q_c sondir dari ujung pelat *helical* pada zona perlawanan 8D di atas ujung pelat *helical* dalam satuan Kg/cm^2 .

Meyerhof Method

Meyerhof (1983) mengembangkan hasil uji CPT dan loading test pada tiang pancang dan tiang bor untuk menyajikan persamaan desain dan grafik yang akurat, di mana efek dari diameter ujung tiang juga diperhitungkan. Komponen daya dukung tersebut diperoleh dengan:

$$f_p = n_{sf} f_s \dots \dots \dots (3)$$

$$q_b = q_1 \frac{L}{L_c} \leq q_1 \dots \dots \dots (4)$$

dimana:

f_p = Tahanan selimut tiang (t/m^2)

f_s = Bacaan gesekan selimut konus (t/m^2)

q_b = Tahanan ujung tiang (ton/m^2)

q_1 = q_c rerata pada jarak 4D ke atas dan 1D ke bawah dari ujung tiang (t/m^2)

L = Panjang tiang (m)

L_c = 10D – 40D = Panjang kritis tiang (m)

D = Diameter/sisi tiang (m)

n_{sf} = Faktor reduksi untuk tahanan selimut tergantung pada jenis tiang. 1,0 untuk driven piles dan 0,7 untuk drilled shaft

Tumay & Fakhroo Method

Metode Tumay dan Fakhroo memperkirakan daya dukung *ultimate* pondasi dengan menggunakan data sondir. Untuk menentukan daya dukung ujung menggunakan persamaan metode Tumay & Fakhroo :

$$q_t = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{4} + \frac{q_a}{2} \dots \dots \dots (5)$$

dimana;

q_{c1} = nilai rata-rata q_c sondir pada zona 4D di ujung pelat helix (di mana D adalah diameter pelat *helical*) dalam satuan Kg/cm^2 .

q_{c2} = nilai rata-rata minimum q_c sondir pada zona 4D di ujung pelat helix (di mana D adalah diameter pelat *helical*) dalam satuan Kg/cm^2 .

q_a = nilai rata-rata q_c sondir pada zona 8D di atas pelat helix (di mana D adalah diameter pelat *helical*) dalam satuan Kg/cm^2 .

Tumay dan Fakhroo menyarankan nilai q_t tidak boleh melebihi 15 MPa.

Price & Wardle Method

Metode Prince dan Wardle (1982), dimaksudkan untuk memprediksi f_p dan q_b tiang dari data CPT yaitu q_c dan f_s Komponen daya dukung tersebut diperoleh dengan :

$$f_p = k_s f_s \dots\dots\dots(6)$$

$$q_b = k_b q_{c(tip)} \dots\dots\dots(7)$$

dimana;

f_p = Tahanan selimut (ton/m²)

f_s = Bacaan gesekan selimut konus (ton/m²)

k_s dan k_b = Konstanta bergantung pada jenis

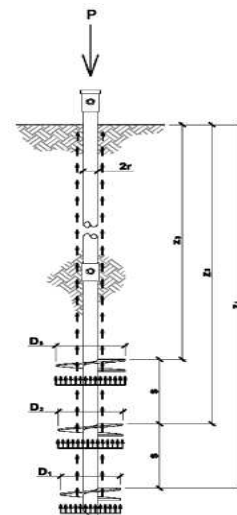
q_b = Tahanan ujung (ton/m²)

$q_{c[tip]}$ = nilai q_c pada ujung (ton/m²)

Individual Bearing Method

Metode ini mengasumsikan daya dukung helical pile terdiri dari dua tahanan, yaitu daya dukung tanah di bawah masing – masing pelat helical dan adhesi (skin friction) antara kulit tiang dengan tanah.

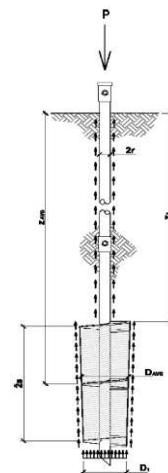
Menurut Perko (2009), hasil daya dukung metode *individual bearing* lebih besar dibandingkan metode *cylindrical shear*.



Gambar 1 *Individual Bearing Method* (Perko, 2009)

Cylindrical Shear Method

Metode *cylindrical shear* mengasumsikan seluruh volume tanah di antara pelat termobilisasi satu – kesatuan menjadi bentuk silinder. Gambar 2 menjelaskan skema daya dukung cylindrical shear.



Gambar 2 Metode *Cylindrical Shear* (Perko, 2009)

Faktor Reduksi

Menurut Hans & Berhame (2006), Dalam bidang teknik faktor reduksi telah diperkenalkan untuk memodifikasi kekuatan yang diukur dan memberikan parameter kekuatan yang mewakili kondisi *undrained*. Faktor-faktor reduksi ini telah dikembangkan dalam menanggapi pengalaman dan kondisi setempat.

Nilai tahanan konus (q_c) dikalikan dengan faktor reduksi empiris ω_b . Faktor ω_b memperhitungkan pengaruh secara keseluruhan yang berbeda pada tahanan ujung.

$$q_b = \omega_b \cdot q_c \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

q_b = Tahanan ujung tiang (kN/Cm2)

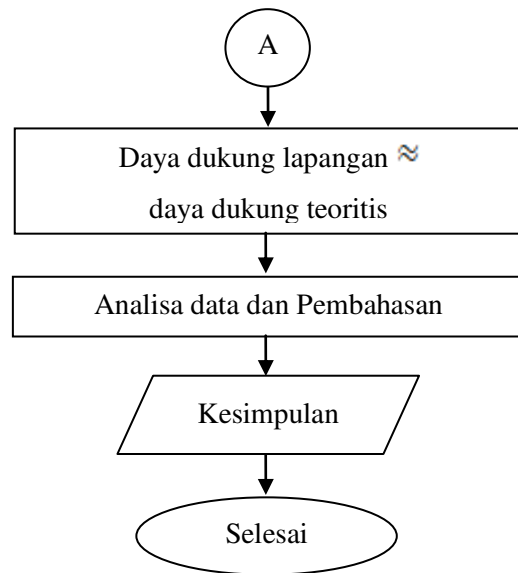
ω_b = Faktor reduksi

q_c = tahanan ujung konus (kN/Cm2)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian berisi langkah-langkah jalannya penelitian yang berawal dari studi literatur, persiapan sampel dilokasi penelitian, persiapan alat dan bahan, penginstalan alat pengujian serta analisa data.

Penelitian dilaksanakan di Kolam Pengujian yang berlokasi di sekitar Musholla Fakultas Teknik Universitas Riau. Tahap-tahap penelitian secara umum dituangkan ke dalam diagram alir penelitian, seperti pada Gambar 3.

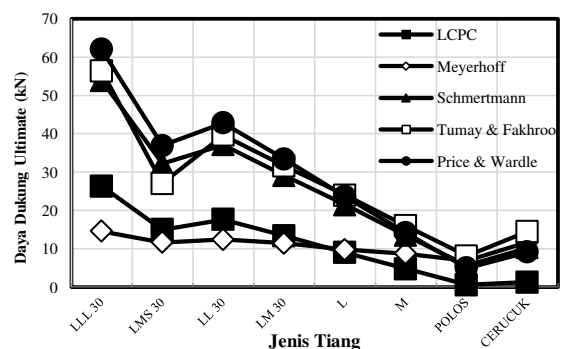


Gambar 3 Bagan Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Teoritis Menggunakan Metode *Individual Bearing*

Perhitungan daya dukung tiang *helical* teoritis dengan menggunakan metode *individual bearing* ini mengasumsikan daya dukung tiang *helical* terdiri dari dua tahanan, yaitu daya dukung tanah di bawah masing – masing pelat *helical* dan adhesi (*skin friction*) antara kulit tiang dengan tanah seperti yang dilihat Gambar 4.



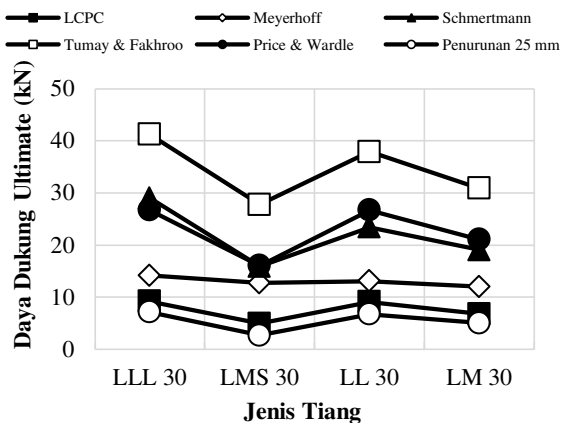
Gambar 4 Grafik Daya Dukung *Ultimate* Teoritis Berdasarkan Metode *Individual Bearing*

Jenis tiang yang memiliki lebih dari satu pelat (*multi-helix*) mempunyai nilai tahanan ujun yang lebih besar dibanding tiang berpelat tunggal tergantung jumlah

dan diameter pelat dari jenis tiang *helical*. Namun, nilai tahanan kulit pada semua jenis tiang memiliki nilai yang relatif sama karena menggunakan diameter batang pada tiang *helical* dari atas sampai ujung bawah tiang *helical* seperti yang terlampir pada Tabel 4.

Perhitungan Teoritis Menggunakan Metode *Cylindrical Shear*

Daya dukung tiang *helical* menggunakan metode *cylindrical shear* ini mengasumsikan seluruh volume tanah di antara pelat termobilisasi satu – kesatuan menjadi bentuk silinder seperti yang terlihat pada Gambar 5.



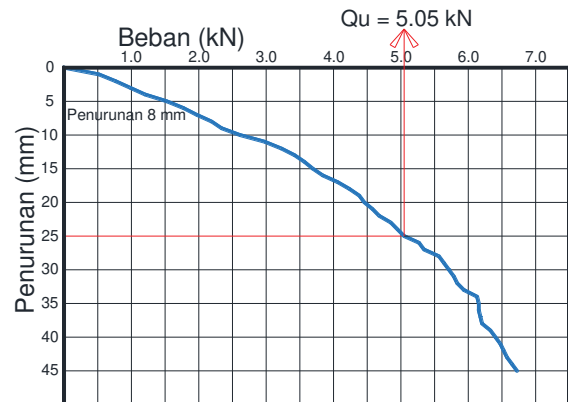
Gambar 5 Grafik Daya Dukung *Ultimate* Teoritis Berdasarkan Metode *Cylindrical Shear*

Pada metode ini, hanya berlaku untuk jenis tiang *multi-helix* atau lebih dari satu pelat *helical* saja. Nilai daya dukung teoritis menggunakan metode *cylindrical shear* cenderung memiliki daya dukung *ultimate* yang rendah dibandingkan dengan metode *individual bearing*.

Perhitungan Daya Dukung Aksial berdasarkan Pengujian Lapangan

Metode interpretasi kedua adalah daya dukung yang diambil dari nilai beban pada penurunan 25 mm. Metode ini diambil berdasarkan penurunan izin suatu pondasi. ASTM D1143-81 mengatur penurunan izin pondasi, yaitu sebesar 25,4 mm (1 inch).

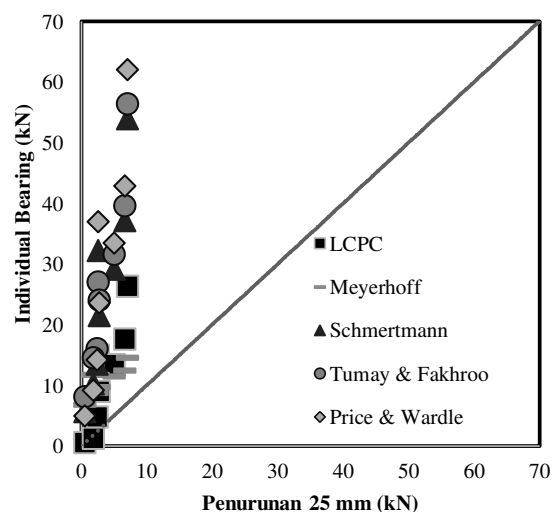
Gambar 4.5 adalah contoh menentukan daya dukung pada penurunan 25 mm. Sebuah garis ditarik dari penurunan 25 mm ke arah kurva. Garis tersebut diteruskan ke arah sumbu beban, sehingga didapatkan daya dukung *ultimate*.



Gambar 6 Daya Dukung Penurunan 25 mm Pondasi *Helical Tipe LM 30* (Sapria Adi, 2016)

Analisa Perbandingan Daya Dukung Teoritis *Individual Bearing* VS Lapangan

Pada Gambar 7 menunjukkan perbandingan nilai daya dukung teoritis dengan menggunakan metode *individual bearing* dengan nilai daya dukung pengujian di lapangan dari semua jenis tiang *helical*.

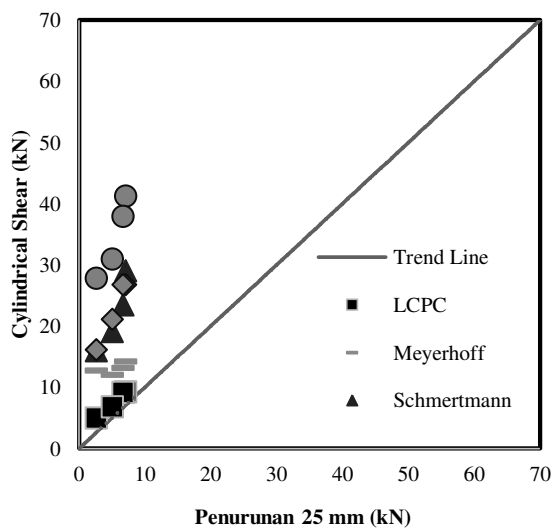


Gambar 7 Metode Penurunan 25 mm Vs Metode *Individual Bearing*

Tiang yang memiliki lebih dari satu pelat *helical* memiliki daya dukung teoritis yang lebih besar dibandingkan tiang berpelat tunggal, polos, maupun cerucuk. Hal ini disebabkan oleh perhitungan dengan menggunakan metode *individual bearing* memiliki lebih dari satu tahanan ujung tergantung dari jenis tiang *helical*.

Analisa Perbandingan Daya Dukung Teoritis *Cylindrical Shear* VS Lapangan

Gambar 8 terlihat bahwa metode *cylindrical shear* mempunyai daya dukung lebih rendah. Namun tidak semua daya dukung dari kelima metode yang mendekati dengan daya dukung hasil pengujian.



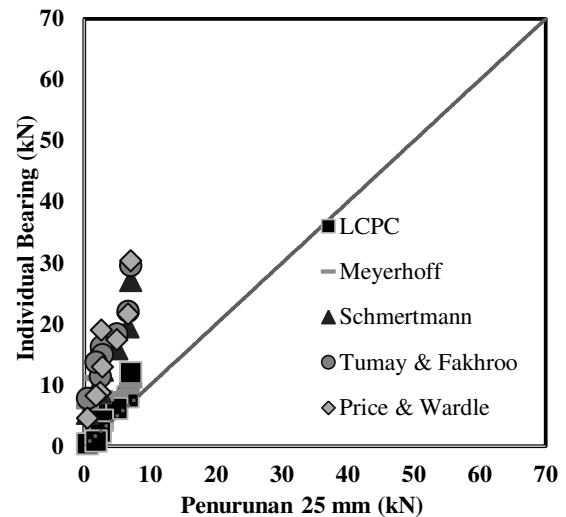
Gambar 8 Metode Penurunan 25 mm Vs Metode *Cylindrical Shear*

Metode LCPC memiliki nilai daya dukung yang mendekati dengan hasil pengujian dan metode Price & Wardle memiliki nilai daya dukung yang cukup besar dibanding dengan daya dukung hasil pengujian.

Analisa Perbandingan Teoritis VS Lapangan Menggunakan Faktor Reduksi

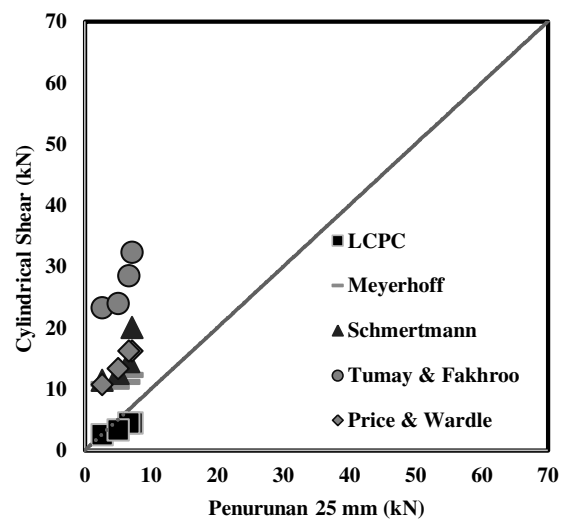
Faktor reduksi menghasilkan daya dukung dari kelima metode tersebut mengalami penurunan. Terutama untuk metode *Individual Bearing* seperti Gambar 9. Faktor reduksi merubah nilai daya dukung masing-masing metode CPT

bergerak mendekati daya dukung hasil pengujian penurunan 25 mm.



Gambar 9 Metode *Tangent Intersection* Vs Metode *Individual Bearing* Dengan Faktor Reduksi (Hans & Berhane, 2006)

Sementara itu, untuk nilai reduksi dari metode CPT pada *cylindrical shear*, metode LCPC selalu memberikan nilai daya dukung tiang *helical* yang konsisten mendekati dengan kedua metode daya dukung lapangan penurunan 25 mm baik sebelum menggunakan faktor reduksi maupun setelah direduksi.



Gambar 10 Metode Penurunan 25 mm Vs Metode *Cylindrical Shear* Dengan Faktor Reduksi (Hans & Berhane, 2006)

Metode Tumay & Fakhroo masih menghasilkan daya dukung yang cukup jauh dibandingkan dengan daya dukung lapangan.

Dari analisa diatas, daya dukung *cylindrical shear* memiliki daya dukung paling mendekati dengan daya dukung pengujian dilapangan dibandingkan dengan daya dukung *individual*.

kelima metode perhitungan daya dukung menggunakan data CPT didapat Metode Bustamante & Gianceselli / LCPC (1982) memiliki daya dukung *ultimate* yang mendekati dengan daya dukung tiang *helical* hasil pengujian.

Dapat disimpulkan, bahwa daya dukung *cylindrical shear* dengan menggunakan metode Bustamante & Gianceselli/LCPC (1982) memiliki daya dukung lebih mendekati dengan daya dukung tiang *helical* pada lapangan *bearing*

V. KESIMPULAN

1. Metode *cylindrical shear* memberikan daya dukung *ultimate* yang mendekati dengan pengujian lapangan.
2. Perhitungan daya dukung menggunakan data CPT dengan menggunakan metode Bustamante & Gianceselli (LCPC) (1982) menghasilkan daya dukung paling rendah dan paling mendekati dengan daya dukung hasil pengujian.
3. Faktor reduksi pada tahanan konus membuat daya dukung ujung setiap metode teoritis mengalami penurunan yang signifikan, terutama untuk daya dukung *individual bearing*.

VI. DAFTAR PUSTAKA

SNI 2827:2008. 2008. *Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir*.
ASTM D3441. *Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil*. West Conshohocken, PA: Annual Book of Standards. ASTM International.

Perko Howard. 2009. *Helical Piles (A Pratical Guide to Design and Installation)*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc.

Abu-Farsakh & Titi. 1999. *Evaluation Of Bearing Capacity Of Piles From Cone Penetration Test Data*. Lousiana: Louisiana Department of Transportation and Development Louisiana Transportation Research Center

Hans & Berhane. 2006. *Excavations and Foundations in Soft Soils*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

D&B Engineering Contractors. 2004. *Practical Design And Inspection Guide For Helical Piles And Helical Tension Anchors*. Colorado : International Marketing & Research, Inc.

Abdelrahman G.E et al. 2003. *Interpretation of Axial Pile Load Test Results For Continuous Flight Auger Piles*. The Ninth Arab Structural Engineering Conference UAE, vol. 2: 791 – 802.