

## KORELASI GAYA PENETRASI YANG DIBUTUHKAN UNTUK CPT DAN UNTUK INSTALASI PONDASI TIANG JACK-IN

Alvin Gilbert Tandiputra<sup>1</sup>, Haven Kusuma Markho<sup>2</sup>, dan Gogot Setyo Budi<sup>3</sup>

**ABSTRAK :** *Hydraulic jack-in* merupakan suatu metode pemancangan pondasi tiang yang memiliki mekanisme kerja yang relatif sama dengan metode pengujian *Cone Penetration Test (CPT)*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan korelasi antara penetrasi pondasi tiang dengan metode *Jack-in* pada kondisi *mobilize* dengan penetrasi untuk menekan bikonus pada pengujian CPT. Penelitian ini juga dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara daya dukung tiang pada saat pemancangan (*mobilize*) dengan daya dukung tiang melalui pengujian CPT. Dari analisa yang dilakukan diketahui korelasi gaya penetrasi yang paling baik dapat ditemukan pada lapisan tanah lempung yang lunak. Pada lapisan tanah yang lebih kaku, gaya penetrasi yang dibutuhkan untuk memasukkan tiang ke dalam tanah lebih rendah daripada yang didapat melalui pengujian CPT. Secara umum, gaya penetrasi untuk memasukkan tiang ke dalam tanah lebih rendah daripada daya dukung tiang yang diprediksi menggunakan data CPT.

**KATA KUNCI :** *jack-in*, *cpt*, korelasi, dan *mobilize*.

### 1. PENDAHULUAN

*Hydraulic jack-in system* adalah suatu metode pemancangan pondasi tiang dengan cara menekan masuk tiang ke dalam tanah menggunakan dongkrak hidrolik. Gaya tekan dongkrak dapat langsung diketahui dari manometer atau *pressure gauge* yang dipasang pada alat *hydraulic jack* sepanjang proses pemancangan berlangsung, sehingga gaya tekan tiang dapat diketahui pada tiap kedalaman tertentu (Jawat, 2016). Cara kerja *Hydraulic Jack* relatif sama dengan sistem pengujian *Cone Penetration Test (CPT)* atau yang biasanya disebut sondir. CPT dipergunakan untuk mengetahui hambatan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ) pada suatu lapisan tanah. Besarnya hambatan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ) yang diperoleh dari pembacaan sondir dapat langsung dikorelasikan dengan kapasitas daya dukung tanah (Hardiyatmo, 1992). Kesamaan cara kerja pemancangan tiang dan proses penekanan sondir kedalam tanah menyebabkan gaya tekan tiang *jack-in* dapat dibandingkan dengan penetrasi sondir (White dan Deeks, 2007). Kondisi *mobilized* adalah kondisi saat tiang ditekan kedalam tanah (Budi, 2015), besarnya gaya tekan tiang pada proses *jack-in* mencerminkan besarnya daya dukung tiang pada kondisi *mobilize*. Metode-metode CPT dapat mengevaluasi tahanan ujung ( $Q_b$ ) melalui pengukuran hambatan konus ( $q_c$ ) sedangkan tahanan gesek kulit ( $Q_s$ ) dapat dievaluasi dari hambatan lekat ( $f_s$ ) atau bisa juga dari hambatan konus ( $q_c$ ) Gunawan dan Pradhitya (2008) menjelaskan bahwa diperlukan faktor koreksi terhadap hambatan lekat sondir ( $f_s$ ) apabila ingin menggunakan data sondir untuk memprediksi daya dukung tiang pada saat pelaksanaannya. Pada penelitian ini dianalisa korelasi antara tekanan *Jack-in* pada saat pemancangan pondasi tiang (*mobilized*) dengan penetrasi untuk menekan

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [alvin.gilbert96@gmail.com](mailto:alvin.gilbert96@gmail.com)

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [haven.markho@rocketmail.com](mailto:haven.markho@rocketmail.com)

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, [gogot@petra.ac.id](mailto:gogot@petra.ac.id)

bikonus pada pengujian sondir atau CPT. Selain itu, dianalisa juga daya dukung tiang pada saat proses pemancangan dengan daya dukung *ultimate* yang diperoleh melalui pengujian CPT.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pendahuluan

Kapasitas daya dukung pondasi tiang dapat diperkirakan melalui data-data yang dikumpulkan melalui uji laboratorium dan analisis empirik atau melalui pengujian langsung di lapangan. Dalam penelitian ini data-data yang dikumpulkan adalah data sondir dan data pemancangan tiang dengan *jack-in*.

### 2.2 Evaluasi Hambatan Konus ( $q_c$ ) dan Hambatan Lekat ( $f_s$ )

Nilai hambatan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ) dapat dihitung menggunakan Persamaan 1 dan 2 (SNI 2827:2008) :

$$C_w = \frac{q_c \times A_c}{A_{pi}} \quad (1)$$

$$(T_w - C_w) = \frac{f_s \times A_s}{A_{pi}} \quad (2)$$

Dimana :

$C_w$  : pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus ( $\text{kg/cm}^2$ );

$T_w$  : pembacaan manometer untuk nilai perlawanan konus dan gesek ( $\text{kg/cm}^2$ );

$q_c$  : perlawanan konus ( $\text{kg/cm}^2$ );

$f_s$  : perlawanan geser lokal ( $\text{kg/cm}^2$ );

$A_{pi}$  : luas penampang piston ( $\text{cm}^2$ );

$A_c$  : luas penampang konus ( $\text{cm}^2$ );

$A_s$  : luas selimut gesek ( $\text{cm}^2$ );

### 2.3 Evaluasi Hambatan Konus ( $q_c$ ) dan Hambatan Lekat ( $f_s$ )

Dalam menghitung daya dukung tiang menggunakan data CPT terdapat beberapa metode yang dapat digunakan. Metode-metode CPT ini dapat mengevaluasi tahanan ujung ( $Q_b$ ) melalui pengukuran hambatan konus ( $q_c$ ) sedangkan tahanan gesek kulit ( $Q_s$ ) dapat dievaluasi dari hambatan lekat ( $f_s$ ) atau bisa juga dari hambatan konus ( $q_c$ ). Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Schmertmann, De Ruiter dan Beringen, serta LCPC (Bustamante dan Gianeselli) untuk perhitungan daya dukung yang menggunakan data sondir.

### 2.4 Hubungan Tahanan Ujung pada Proses *Jack-in* dan CPT

White dan Deeks (2007) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa metode untuk desain pondasi tiang menghubungkan parameter CPT untuk kapasitas tiang karena proses instalasinya yang serupa. Analogi ini sangat sesuai untuk tiang dengan pemancangan *jack-in*, yang dipancang dengan cara yang sama seperti CPT. Jika tiang dengan pemancangan *jack-in* dianggap analogi dengan CPT, maka perlawanan ujung konus CPT ( $q_c$ ) dapat dihubungkan dengan tahanan ujung selama pemancangan ( $Q_{b\text{install}}$ ) sedangkan hambatan lekat dari CPT ( $f_s$ ) dapat dihubungkan dengan unit perlawanan gesek selama pemancangan ( $f_{s\text{install}}$ ).

### 2.5 Kapasitas Friksi dalam Kondisi *Mobilized*

Budi, G.S. (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh *pre-boring* terhadap kapasitas friksi tiang *jack-in* pada kondisi *mobilize*. Dalam penelitian ini data pembebanan untuk pemancangan *jack-in* dapat dijadikan kapasitas friksi dengan membagi rata-rata pembebanan untuk pemancangan tiang. Besarnya

gaya tekan pada data pemancangan mencerminkan besarnya daya dukung tiang pada kondisi bergerak atau *mobilized* oleh karena tiang masih mengalami penurunan.

## 2.6 Penggunaan Data CPT sebagai Acuan Desain Tiang

Mahler (2003) melakukan penelitian terhadap perbandingan daya dukung tiang yang didapatkan melalui interpretasi uji pembebanan tiang dan daya dukung tiang yang didapatkan melalui prediksi berdasarkan pengujian CPT. Melalui hasil penelitian ini diketahui bahwa daya dukung tiang dapat diprediksi melalui pengujian CPT.

## 2.7 Faktor Koreksi terhadap Hambatan Lekat Sondir

Gunawan dan Pradhitya (2008) menjelaskan bahwa diperlukan faktor koreksi terhadap hambatan lekat sondir ( $f_s$ ) apabila ingin menggunakan data sondir untuk memprediksi daya dukung tiang pada saat pelaksanaannya. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan pada tanah lempung nilai faktor koreksi akan berkurang sejalan dengan bertambahnya nilai hambatan konus ( $q_c$ ). Sedangkan pada tanah pasir faktor koreksi akan bernilai minus karena nilai hambatan konus pada hasil sondir meningkat akibat adanya sisipan pasir, sedangkan pada pencatatan gaya *jack* tidak tercatat beban yang besar.

# 3. METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis data lapangan. Dalam penelitian ini metode pengumpulan data dilakukan dengan cara studi literatur yaitu dengan mencari referensi dari penelitian terdahulu untuk dijadikan sebagai landasan teori dalam penelitian ini dan mengolah data-data tertulis untuk dijadikan input dalam penelitian. Data-data yang dikumpulkan untuk penelitian ini adalah data pemancangan tiang dan data pengujian sondir dari 4 proyek yang berlokasi di Surabaya dan 1 proyek yang berlokasi di Banjarmasin. Data *jack-in* yang digunakan diambil acak dengan jumlah data per proyek adalah 10-15 data.

## 3.2 Metode Pengolahan Data

Semua data-data yang diperoleh diolah menggunakan *Microsoft Excel*. Melalui hasil penyelidikan tanah berupa sondir dilakukan pembacaan nilai hambatan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ) setiap interval 1 m, data-data tersebut digunakan untuk menentukan besarnya tekanan penetrasi sondir ( $T_w$ ) menggunakan Persamaan 2.

Data besarnya tekanan yang diperlukan untuk memasukkan pondasi tiang diperoleh dari pembacaan manometer pada alat *Jack-in*. Data pemancangan tiang yang dianalisa dibatasi pada kedalaman yang sama dengan kedalaman sondir di lokasi proyek, sehingga hasilnya dapat dikorelasikan. Data besarnya tekanan yang dibutuhkan untuk memasukkan pondasi tiang dihitung dari gaya tekan tiang dibagi dengan luas penampang ujung tiang ( $q$ ).

Semua data sondir dan pemancangan tiang diolah untuk menentukan nilai penetrasi  $T_w$  dan  $q$ . Hasil korelasi kedua data tersebut selanjutnya akan disajikan dalam grafik hubungan antara  $T_w$  dan  $q$ . Hasil korelasi ditunjukkan dengan notasi  $\alpha$ '' dimana  $\alpha$ '' merupakan nilai  $q$  yang dibagi dengan nilai  $T_w$ .

Daya dukung *ultimate* tiang berdasarkan data sondir dihitung dengan menggunakan metode Schmertmann, De Ruitter dan Beringen, serta LCPC (Bustamante dan Gianeselli). Hasil perhitungan daya dukung *ultimate* akan dibandingkan dengan daya dukung tiang dalam kondisi *mobilized* yaitu gaya tekan yang dibutuhkan untuk memancang tiang.

## 4. HASIL DAN ANALISA DATA

### 4.1. Deskripsi Data Penelitian

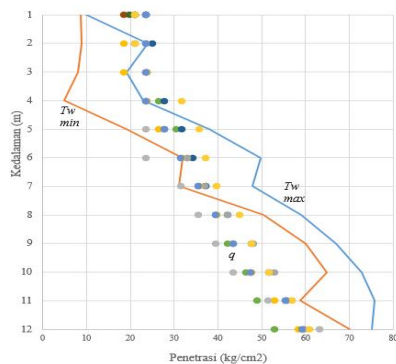
Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari 4 lokasi proyek di kota Surabaya dan 1 lokasi proyek di kota Banjarmasin. Masing-masing dimensi tiang, jumlah data sondir dan *jack-in* yang digunakan, kedalaman sondir, dan lokasi proyek tersaji pada **Tabel 1**. Kedalaman *jack-in* yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan kedalaman sondir.

**Tabel 1 Deskripsi Data Penelitian**

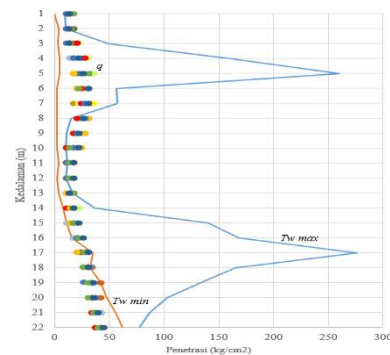
| Nama Proyek | Dimensi (mm) | Jumlah data Sondir | Jumlah data <i>Jack-in</i> | Kedalaman Sondir (m) | Lokasi Proyek    |
|-------------|--------------|--------------------|----------------------------|----------------------|------------------|
| A           | Ø500         | 4                  | 15                         | 12                   | Surabaya Barat   |
| B           | Ø600         | 18                 | 15                         | 22                   | Surabaya Timur   |
| C           | Ø500         | 3                  | 10                         | 20                   | Surabaya Timur   |
| D           | 500x500      | 4                  | 10                         | 16                   | Banjarmasin      |
| E           | Ø250         | 8                  | 10                         | 15                   | Surabaya Selatan |
|             | Ø500         |                    | 10                         | 27                   |                  |
|             | Ø600         |                    | 10                         | 27                   |                  |

### 4.2. Korelasi Penetrasi Tiang *Jack-in* dan Penetrasi Bikonus

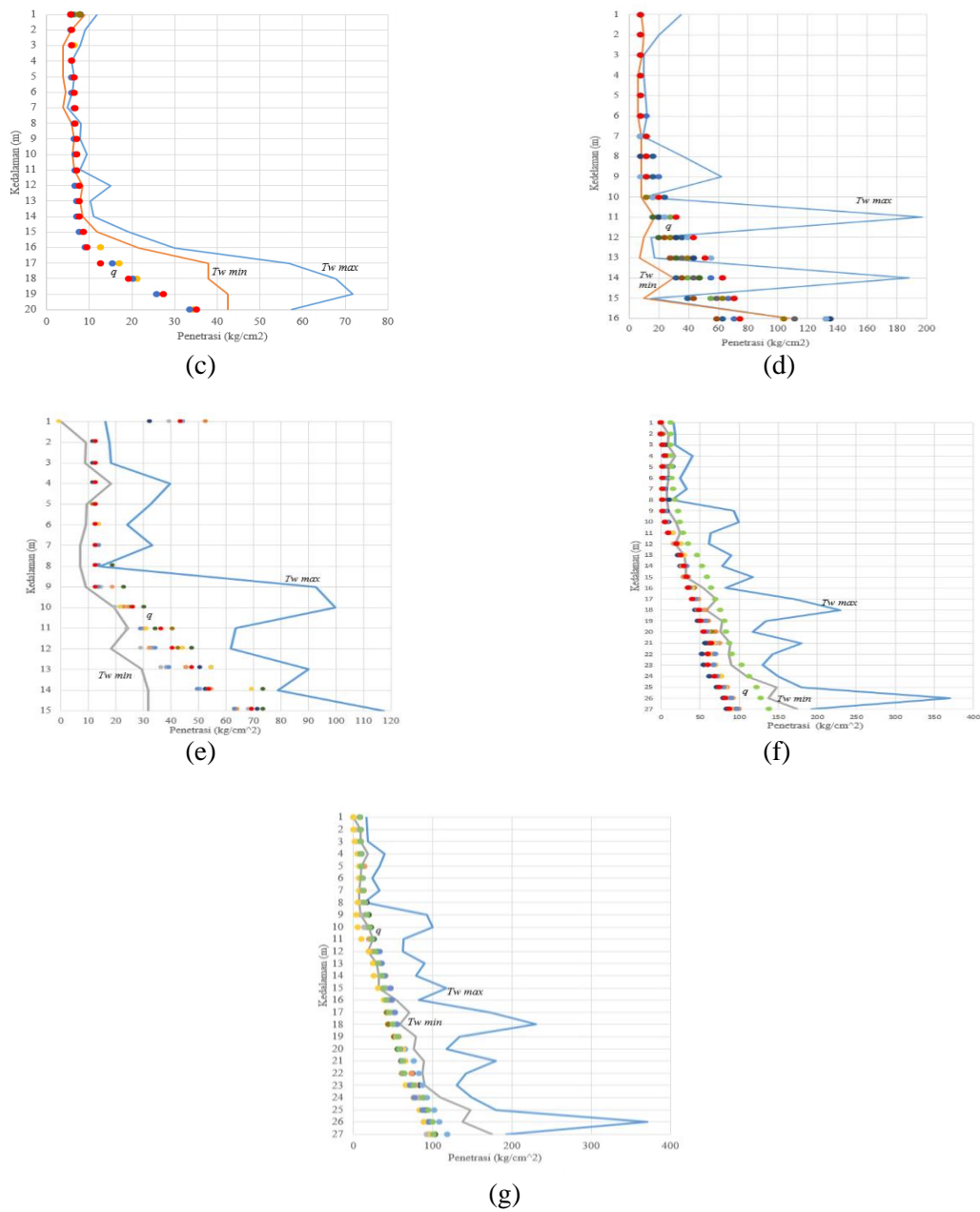
Pada penelitian ini, dibuat korelasi penetrasi tiang *jack-in* ( $q$ ) dan penetrasi bikonus pada kelima proyek. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *trend* yang terjadi menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan yang diperlukan untuk menekan tiang dan bikonus bertambah seiring dengan kedalaman tanah (**Gambar 1**). Pada lensa tanah pasir hasil analisa tidak menunjukkan korelasi yang baik, hal ini disebabkan karena kenaikan hambatan ujung konus ( $q_c$ ) yang besar.



(a)



(b)



**Gambar 1. Korelasi Penetrasi Tiang (q) dan Penetrasi Bikonus (Tw) (a) Proyek A, (b) Proyek B, (c) Proyek C, (d) Proyek D, (e) Proyek E (ø250mm), (f) Proyek E (ø500mm) dan (g) Proyek E (ø600mm)**

### 4.3. Korelasi Penetrasi Tiang *Jack-in* dan Penetrasi Bikonus

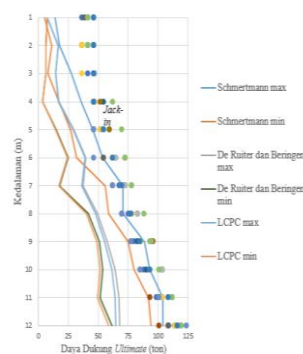
Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan pada keseluruhan proyek, korelasi antara penetrasi tiang *jack-in* (q) dan penetrasi bikonus (Tw) disajikan dalam **Tabel 2**. Hasil korelasi ditunjukkan dengan notasi  $\alpha$ ” dimana  $\alpha$ ” merupakan nilai q yang dibagi dengan nilai Tw. Nilai  $\alpha$ ” dikategorikan sesuai klasifikasi tanah yang ditentukan berdasarkan nilai hambatan konus (qc) dan hambatan lekat (fs).

Tabel 2 Korelasi Penetrasi Tiang *Jack-in* dan Penetrasi Bikonus

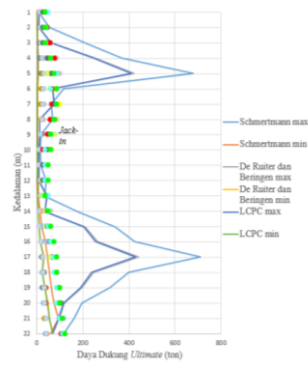
| Hasil Sondir (Kg/Cm <sup>2</sup> ) |           | Klasifikasi Tanah                  | α''  |
|------------------------------------|-----------|------------------------------------|------|
| qc                                 | fs        |                                    |      |
| 6                                  | 0.15-0,40 | Lempung sangat lunak               | 1    |
| 6-10                               | 0.20-0.60 | Lempung lembek                     | 1    |
| 10-30                              | 0.10-0.40 | Pasir lepas                        | 0.6  |
|                                    | 0.40-0.80 | Lempung kelanauan                  | 0.6  |
|                                    | 0.80-2.00 | Lempung agak kenyal                | 0.7  |
| 30-60                              | <1.00     | Pasir kelanauan                    | 0.6  |
|                                    | 1.00-3.00 | Lempung kenyal                     | 0.7  |
| 60-150                             | <1.00     | Kerikil kepasiran                  | 0.3  |
|                                    | 1.00-3.00 | Pasir padat atau pasir kelanauan   | 0.15 |
| >150                               | 1.00-2.00 | Pasir padat atau pasir kasar padat | -    |

#### 4.4. Perbandingan Gaya Tekan Tiang *Jack-in* dengan Daya Dukung *Ultimate* Berdasarkan *Cone Penetration Test*

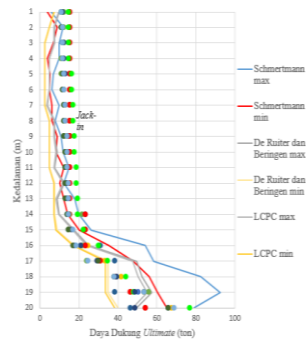
Secara umum perbandingan gaya tekan tiang *jack-in* berada diantara daya dukung *ultimate* berdasarkan CPT kecuali pada proyek A. Penyebabnya karena penetrasi sondir tertahan pada kedalaman 12 meter akibat jumlah hambatan lekatnya yang tinggi mencapai 1500 kg/cm sedangkan nilai hambatan konusnya (qc) baru mencapai 50 kg/cm<sup>2</sup> (**Gambar 2**). Pada proyek B secara umum gaya tekan tiang *jack-in* berada diantara daya dukung *ultimate* berdasarkan CPT, pada kedalaman tertentu daya dukung *ultimate* bernilai besar disebabkan karena terdapat lensa tipis (**Gambar 3**). Pada Proyek C nilai daya dukung *ultimate* sedikit dibawah gaya tekan tiang *jack-in* hingga kedalaman 10 meter. Hal ini disebabkan karena nilai hambatan konus (qc) yang relatif kecil terdapat sedikit peningkatan nilai qc pada kedalaman 10 meter (**Gambar 4**). Pada proyek D gaya tekan tiang tiang *jack-in* berada diantara daya dukung *ultimate* berdasarkan CPT. Pada lapisan tanah yang berada tepat di bawah lensa tanah pasir kedalaman 2-3 meter, daya dukung *ultimate* berdasarkan perumusan De Ruiter dan Beringen dan LCPC berada di bawah gaya tekan tiang *jack-in* karena nilai hambatan konus (qc) yang relatif kecil (**Gambar 5**). Pada proyek E untuk ketiga ukuran tiang (ø 250 mm, ø500 mm, dan ø600 mm) menunjukkan *trend* yang sama. Semua gaya tekan tiang *jack-in* berada diantara daya dukung *ultimate* berdasarkan CPT untuk ketiga perumusan. Kecuali untuk ø250 mm pada kedalaman 1 meter, gaya tekan tiang *jack-in* lebih besar daripada daya dukung *ultimate* berdasarkan CPT untuk ketiga perumusan. Hal ini disebabkan oleh lapisan permukaan berupa tanah urug yang lebih padat daripada lapisan tanah dibawahnya (**Gambar 6**).



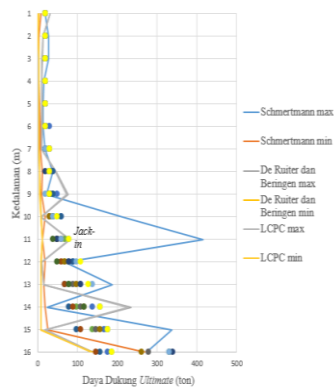
Gambar 2. Perbandingan Gaya Tekan Tiang *Jack-in* dengan Daya Dukung *Ultimate* Proyek A



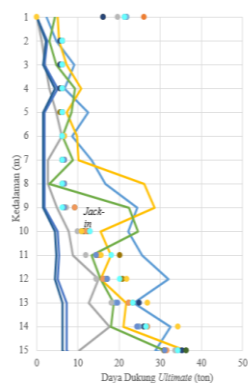
Gambar 3. Perbandingan Gaya Tekan Tiang Jack-in dengan Daya Dukung Ultimate Proyek B



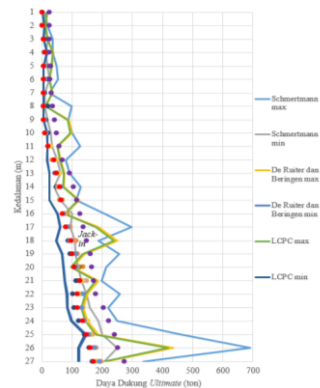
Gambar 4. Perbandingan Gaya Tekan Tiang Jack-in dengan Daya Dukung Ultimate Proyek C



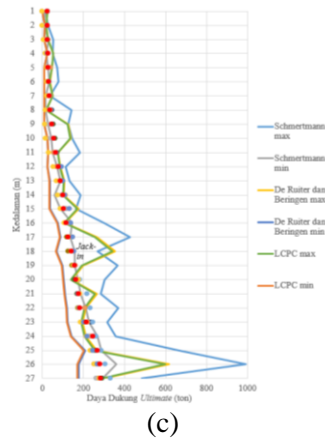
Gambar 5. Perbandingan Gaya Tekan Tiang Jack-in dengan Daya Dukung Ultimate Proyek D



(a)



(b)



**Gambar 6. Perbandingan Gaya Tekan Tiang Jack-in dengan Daya Dukung Ultimate Proyek E (a)  $\phi$ 250mm, (b)  $\phi$ 500mm dan (c)  $\phi$ 600 mm**

## 5. KESIMPULAN

Setelah menganalisa hasil penelitian pada beberapa penelitian yang dilakukan pada 5 lokasi yang berbeda, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Secara umum hasil penelitian terhadap korelasi antara  $q$  dan  $T_w$  menunjukkan :
  - Pada lapisan tanah lempung yang lunak analisa menunjukkan hasil korelasi yang baik dengan nilai  $\alpha$  mendekati angka 1.
  - Untuk lapisan tanah lempung yang lebih kaku nilai  $\alpha$  berkisar antara 0.6-0.7.
  - Pada lapisan lensa tanah pasir kaku hasil analisa tidak menunjukkan korelasi yang baik dengan nilai  $\alpha$  kurang dari 0.3, hal ini dapat diakibatkan karena kenaikan hambatan ujung konus yang besar.
- Hasil penelitian terhadap perbandingan daya dukung yang diprediksi berdasarkan CPT dengan gaya tekan tiang adalah :
  - Secara umum pada semua proyek gaya tekan tiang menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan daya dukung *ultimate* yang menggunakan perumusan Schmertmann, De Ruiter dan Beringen, serta LCPC.
  - Apabila jumlah hambatan lekat sangat besar sedangkan nilai hambatan konus masih menunjukkan nilai yang relatif kecil maka hasil yang ditunjukkan menjadi terbalik.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Budi, G.S. (2015). "Preliminary Report on the Effect of Pre-Boring on the Mobilized Friction Capacity of Pile Foundation Hydraulically Jacked Into Expansive Soil." *Civil Engineering Dimension*, Vol. 17, No. 1.
- Gunawan, S. dan Pradhietya, R. I. (2008). *Korelasi antara Dutch-Cone dan Jacked Pile*, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi : Kapasitas Dukung Tiang dari Uji Kerucut Statis (Cone Penetration Test, CPT) (2 ed.)*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.
- Jawat, I. W. (2016). *Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Pancang Sistem Hidraulik Jack-in*, 5(1), 45.
- Mahler, A. (2003). *Use of Cone Penetration Test In Pile Design*. Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.
- SNI 2827:2008. (2008). *Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- White, D. J. & Deeks, A. D. (2007). *Recent Research into the Behaviour of Jacked Foundation Piles*. Cambridge University Engineering Department, UK.