

# Komparasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Bor Menggunakan Data *SPT*, dan Hasil *Loading Test* pada Tanah *Granuler*

<sup>1)</sup> Noegroho Djarwanti, <sup>2)</sup> R.Harya Dananjaya H.I., <sup>3)</sup> Githa Maharani

<sup>1,2)</sup>Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

<sup>3)</sup>Mahasiswa Program S1, Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524

Email : githamaharani7@gmail.com

## Abstract

In story buildings needs foundation whose have ability to bear huge burden as bore pile foundation. Bore Pile is a type of fondation that used to transfer the load from upper structure to lower layers of soil until achieve the value of bearing capacity ( $Q_u$ ) planned. This research will compare the value of  $Q_u$  from Meyerhof's equation (1976), Reese & Wright's equation (1977), Poulos & Davis's equation (1980), U.S Army Corps's equation (1980), Coyle & Castello's equation (1981) and Briaud et al's equation (1985) and from the result of loading test. The result of this research shows that Poulos & Davis's equation (1980) is the precise equation for calculating ultimate bearing capacity of bore pile so that it became more safety and economic.

Keywords: bore pile, single foundation, granuler soil, bearing capacity.

## Abstrak

Pada suatu bangunan bertingkat diperlukan pondasi dengan kemampuan memikul beban yang besar misalnya pondasi tiang bor. Pondasi tiang bor adalah jenis pondasi yang digunakan untuk meneruskan/mentransfer beban dari bagian struktur atas ke lapisan tanah dibawahnya hingga mencapai nilai daya dukung ( $Q_u$ ) yang diinginkan. Dalam penelitian ini akan membandingkan antara nilai  $Q_u$  yang diperoleh dari enam persamaan yang telah ada yaitu Persamaan Meyerhof (1976), Reese & Wright (1977), Poulos & Davis (1980), U.S Army Corps (1980), Coyle & Castello (1981) dan Briaud et al. (1985) dengan hasil *loading test*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persamaan daya dukung Poulos & Davis (1980) merupakan persamaan yang tepat digunakan dalam menghitung nilai  $Q_u$  pondasi tiang bor menjadi lebih aman dan ekonomis.

Kata kunci : pondasi tiang bor, tiang tunggal, tanah *granuler*, daya dukung

## PENDAHULUAN

Pada suatu bangunan bertingkat diperlukan pondasi dengan kemampuan memikul beban yang besar misalnya pondasi tiang bor. Kemampuan memikul beban disebut daya dukung ultimit ( $Q_u$ ).

Nilai  $Q_u$  ditentukan berdasarkan tahanan ujung ( $Q_b$ ) dan pelekatan tiang dengan tanah ( $Q_s$ ). Untuk mengetahui nilai  $Q_u$  dari suatu tiang tunggal dapat menggunakan persamaan-persamaan yang telah ada dengan menggunakan data pengujian lapangan maupun data laboratorium. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil penyelidikan tanah dari proyek pembangunan Grand Aston Hotel Yogyakarta dengan satu titik bor dan satu titik *loading test*.

Penelitian ini mengkomparasikan nilai  $Q_u$  hasil perhitungan dari persamaan yang telah ada dan hasil *loading test* yang tujuannya adalah agar hasil penelitian ini dapat diaplikasikan pada proyek-proyek pembangunan lainnya.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Nilai $Q_u$ pada Tiang Tunggal

Nilai  $Q_u$  merupakan hasil penjumlahan dari nilai tahanan ujung ( $Q_b$ ) dengan tahanan friksi ( $Q_s$ ) suatu pondasi. Terdapat delapan persamaan nilai  $Q_u$  yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada Tabel 1 :

Tabel 1. Persamaan Nilai Tahanan Ujung ( $Q_b$ ) dan Tahanan Friksi ( $Q_s$ ) untuk Tanah *Granuler*

| Persamaan       | Nilai $Q_b$ (kN)   | Nilai $Q_s$ (kN)                                     |
|-----------------|--|--|
| Meyerhof (1976) | 1. $A_b q' N_q^*$<br>2. $A_b \left[ \frac{2N_b \times L}{15 \times d} \right] 105,6$ | 1. $A_b K \sigma_v' tg \delta$<br>2. $A_s \bar{N}_s$ |

lanjutan

| Persamaan               | Nilai $Q_b$ (kN)   | Nilai $Q_s$ (kN)   |
|-------------------------|--|--|
| Reese & Wright (1977)   | a. $(A_b \frac{2}{3} \bar{N}_{60} \times 105,6) \bar{N}_{60} \leq 60$<br>b. $(A_b 40 \times 105,6); \bar{N}_{60} > 60$ | a. $(A_s \frac{N_{60i}}{34} 105,6); N_{60i} \leq 53$<br>b. $(A_s [\frac{(N_{60i}-53)}{450} + 1,6] 105,6)$<br>$53 < N_{60i} \leq 100$ |
| Poulos & Davis (1980)   | $A_b p_0' N_q$   | $A_s K_d p_0' t g \delta$  |
| U.S Army Corps          | $A_b p_0' N_q$   | $A_s K p_0' t g \delta$  |
| Coyle & Castello (1981) | $A_b f_b$  | $A_s f_s$  |
| Briaud et al. (1985)    | $A_b 19,7 \sigma_r (\bar{N}_{60})^{0,36}$  | $A_s 0,224 \sigma_r (N_{60i})^{0,29}$  |

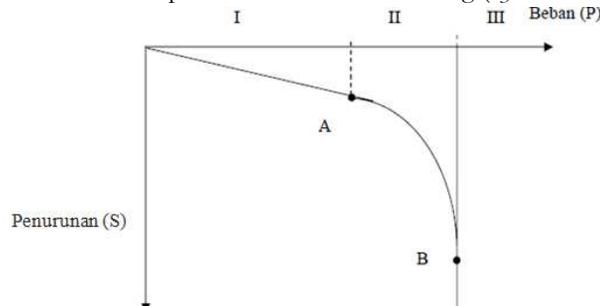
Dengan:

- $Q_b$  = Tahanan ujung (kN)
- $Q_s$  = Tahanan friksi (kN)
- $A_b$  = Luas ujung tiang (m<sup>2</sup>)
- $A_s$  = Luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)
- $f_b$  = Tahanan ujung per satuan luas (kN/m<sup>2</sup>)
- $f_s$  = Tahanan gesek per satuan luas (kN/m<sup>2</sup>)
- $\sigma_v$  = Tekanan vertikal efektif (kN/m<sup>2</sup>)
- $p_0' = q'$  = Tekanan vertikal efektif, yang besarnya sama dengan tekanan overbuden efektif untuk  $z \leq z_c$  dan sama dengan besarnya tekanan vertikal kritis untuk  $z > z_c$  (kN/m<sup>2</sup>)
- $N_q^*$  = Faktor kapasitas dukung
- $\bar{N}_b$  = Nilai *N-SPT* rata-rata dari 10*d* diatas dasar tiang sampai 4*d* di bawahnya
- $\bar{N}_s$  = Nilai *N-SPT* rata-rata sepanjang tiang
- $\bar{N}_{60}$  = Nilai *N-SPT* koreksi rata-rata antara ujung bawah tiang bor sampai 2*d\_b* dibawahnya. Tidak perlu dikoreksi terhadap *overbuden*.
- $N_{60i}$  = Nilai *N-SPT* koreksi pada setiap lapisan tanah. Tidak perlu dikoreksi terhadap *overbuden*.
- $\sigma_r$  = Tegangan referensi = 100 kPa
- $z$  = Kedalaman titik di tengah-tengah lapisan (m)
- $D$  = Kedalaman tiang (m)
- $L$  = Panjang Tiang (m)
- $L'$  = Panjang efektif tiang (m)
- $d_b = d$  = Diameter tiang (m)

### Loading Test

Pada prinsipnya prosedur pembebanan tiang ini dilakukan dengan cara memberikan beban vertikal yang diletakkan di atas kepala tiang, kemudian besarnya deformasi vertikal yang terjadi diukur dengan menggunakan arloji ukur yang dipasang pada tiang. Deformasi yang terjadi terdiri dari deformasi elastis dan plastis. Deformasi elastis adalah deformasi yang diakibatkan oleh pemendekan elastis dari tiang dan tanah, sedangkan deformasi plastis adalah deformasi diakibatkan runtuhnya tanah pendukung pada ujung atau sekitar tiang.

Keruntuhan total akan terjadi pada suatu beban tertentu dan akan mengalami perilaku penurunan terus menerus. Jika hubungan antara deformasi dan beban digambarkan dalam bentuk grafik maka terlihat bahwa grafik tersebut akan terdiri tiga bagian, seperti pada Gambar 1 (Sardjono, 1991). Terdapat dua jenis pembebanan dalam *Loading Test*, diantaranya yaitu Pembebanan Bertahap dan Pembebanan Berulang (*Cyclic Loading*).



Gambar 1. Grafik Hubungan Beban (P) dan Penurunan (S)

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah integrasi antara studi pustaka dan studi data sekunder. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Proyek Pembangunan Grand Aston Hotel Yogyakarta (satu tiang bor yang akan dianalisa) berupa data *SPT*, laboratorium serta hasil pengujian lapangan berupa *loading test*.

Tahapan pertama dari penelitian ini melakukan pengumpulan data sekunder berupa hasil data *SPT*, laboratorium, serta data hasil *loading test*. Dalam menganalisa nilai  $Q_u$  dari data hasil pengujian lapangan menggunakan persamaan Meyerhof (1976) dari data *N-SPT*, Reese & Wright (1977), dan Briaud et al. (1985) sedangkan dari data hasil pengujian laboratorium menggunakan persamaan Meyerhof (1976) dari data laboratorium, Poulos & Davis (1980), U.S Army Corps dan Coyle & Castello (1981). Untuk analisis yang menggunakan hasil pengujian beban didapatkan dari *loading test*. Dari data *loading test* kemudian diinterpretasikan dengan beberapa metode diantaranya Butler dan Hoy (1970), Fuller dan Hoy (1970), Chin (1971) dan Maszarkiewicz (1972). Selanjutnya, nilai  $Q_u$  yang didapatkan dari perhitungan menggunakan berbagai persamaan dibandingkan dengan hasil nilai  $Q_u$  dari hasil *loading test* agar dapat diketahui persamaan yang tepat dalam merancang suatu bangunan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Nilai $Q_u$ dari Hasil Perhitungan

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai  $Q_u$  pondasi tiang tunggal menggunakan persamaan Meyerhof (1976), Reese & O'Neill (1977), Poulos & Davis (1980), U.S Army Corps, Coyle & Castello (1981) dan Briaud et al. (1985) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai  $Q_u$  dari Berbagai Persamaan

| Persamaan                            | Data         | Nilai $Q_u$<br>(ton) |
|--------------------------------------|--------------|----------------------|
| Meyerhof (1976) (Data <i>N-SPT</i> ) | <i>N-SPT</i> | 313,450              |
| Reese & Wright (1977)                |              | 319,041              |
| Briaud et al (1985)                  |              | 513,566              |
| Meyerhof (1976) (Data Lab)           | Laboratorium | 1207,992             |
| Poulos & Davis (1980)                |              | 394,852              |
| U.S Army Corps                       |              | 880,780              |
| Coyle & Castello (1981)              |              | 759,799              |

### Nilai $Q_u$ dari Hasil Pengujian Beban

Pengujian nilai  $Q_u$  pada lokasi Proyek Pembangunan Grand Aston Hotel dilakukan dengan cara statis didasarkan pada analisis hubungan antara *Load* dan *Settlement*. Pengujian dilakukan satu tiang P.164 dengan diameter 800 mm. Data *Load Displacement* dari hasil uji *Loading Test* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Data *Load Displacement* dari *Loading Test*

| Jenis                  | Nilai |       |       |      |      |        |       |      |      |
|------------------------|-------|-------|-------|------|------|--------|-------|------|------|
| <i>Load (ton)</i>      | 0     | 50    | 100   | 150  | 200  | 250    | 300   | 350  | 400  |
| <i>Settlement (mm)</i> | 0     | 0,335 | 0,525 | 1,68 | 2,25 | 3,2725 | 4,065 | 4,95 | 6,82 |

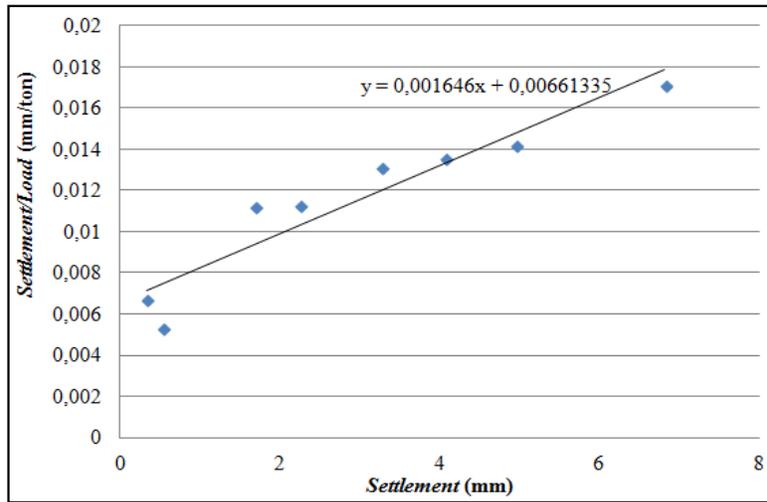
Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui besarnya nilai daya dukung tiang dengan menginterpretasikannya melalui gambar grafik beban – penurunan pada sebagai berikut:

- **Metode Chin F.K (1971)**

Sebelum menggunakan metode ini, maka terhadap data *load-settlement* (lihat Tabel 3) dilakukan perhitungan ulang sehingga diperoleh hubungan penurunan ( $S$ ) dengan rasio penurunan terhadap beban ( $S/P$ ) seperti pada Tabel 4 selanjutnya diplot pada sumbu X-Y seperti pada Gambar 2.

Tabel 4. Hubungan *Load*, *Settlement* dan perbandingan antara *Load* dan *Settlement*

| Jenis                             | Nilai |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Load (ton)</i>                 | 0     | 50     | 100    | 150    | 200    | 250    | 300    | 350    | 400    |
| <i>Settlement (mm)</i>            | 0     | 0,335  | 0,525  | 1,68   | 2,25   | 3,2725 | 4,065  | 4,95   | 6,82   |
| <i>Settlement / load (ton/mm)</i> | 0     | 0,0067 | 0,0053 | 0,0112 | 0,0113 | 0,0131 | 0,0136 | 0,0141 | 0,0171 |



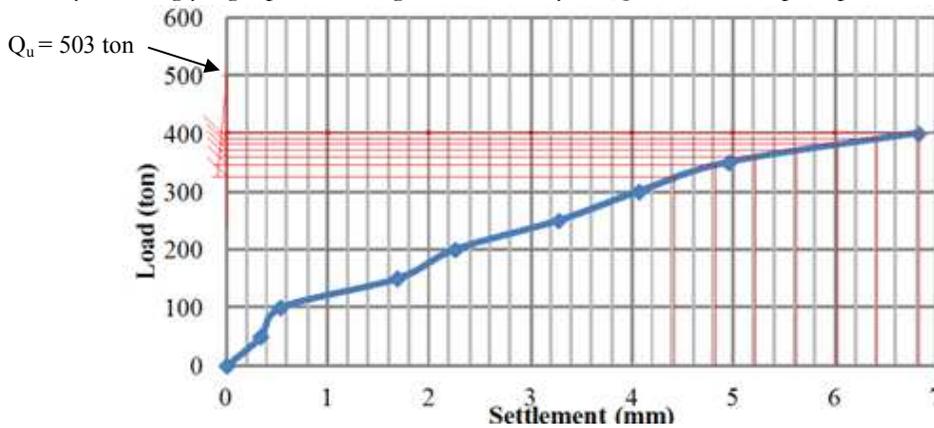
Gambar 2. Interpretasi data dengan Metode Chin F.K (1971)

Dari Gambar 2 dapat diketahui nilai daya dukung yang diperoleh dengan metode ini yaitu :

— — — — — ton

- **Metode Mazurkiewich (1972)**

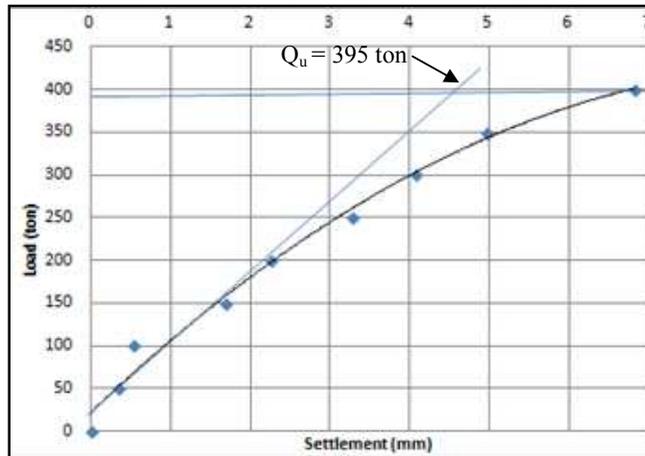
Nilai daya dukung yang diperoleh dengan metode ini yaitu  $Q_u = 503$  ton seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Interpretasi data dengan Metode Mazurkiewich (1972)

- **Metode Butler dan Hoy (1977)**

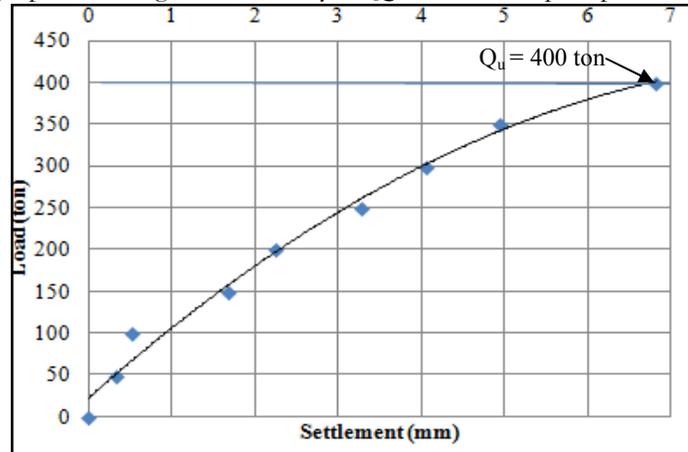
Nilai daya dukung yang diperoleh dengan metode ini yaitu  $Q_u = 395$  ton seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Interpretasi data dengan Metode Butler dan Hoy (1977)

- **Metode Fuller dan Hoy (1970)**

Nilai daya dukung yang diperoleh dengan metode ini yaitu  $Q_u = 400$  ton seperti pada Gambar 5.



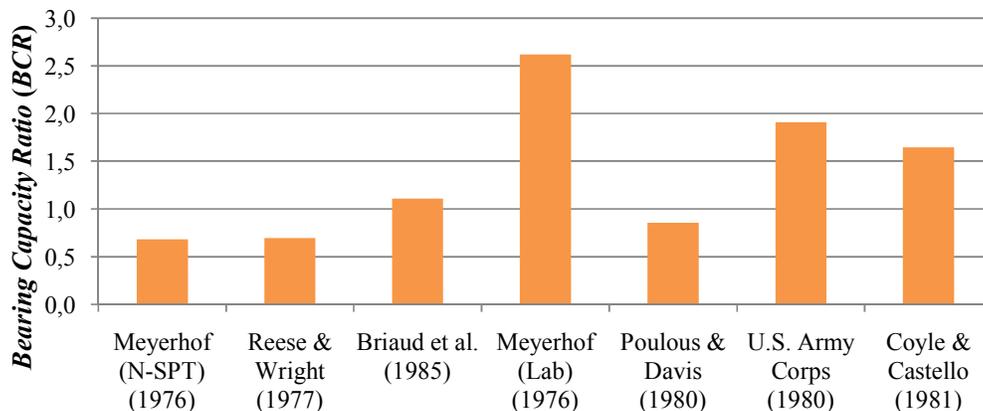
Gambar 5. Interpretasi data dengan Metode Fuller dan Hoy (1970)

**Perbandingan Nilai  $Q_u$**

Setelah dilakukan perhitungan, untuk mengetahui persamaan nilai daya dukung yang lebih mendekati dengan hasil *loading test* maka dilakukan perbandingan diantara keduanya seperti pada Tabel 5. Rasio perbandingan ini dilakukan dengan cara  $\frac{Q_{u, \text{perhitungan}}}{Q_{u, \text{hasil uji}}}$ . Oleh karena itu, rasio perbandingan ini sama dengan nilai *Bearing Capacity Ratio (BCR)*. Persamaan dengan nilai *BCR* mendekati angka satu adalah persamaan dengan nilai  $Q_u$  yang paling mendekati hasil pengujian beban. Perbandingan nilai *BCR* antara berbagai persamaan dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 5. Nilai *BCR* antara Perhitungan Menggunakan Persamaan dengan Hasil Interpretasi Data *Loading Test*

| Persamaan                            | Data         | Rasio Perbandingan Nilai Daya Dukung ( <i>BCR</i> ) |                 |                     |                     |           |
|--------------------------------------|--------------|---|-----------------|---------------------|---------------------|-----------|
|                                      |              | Fuller & Hoy (1970)                                 | Chin F.K (1971) | Mazurkiewich (1972) | Butler & Hoy (1977) | Rata-rata |
| Meyerhof (1976) (Data <i>N-SPT</i> ) | <i>N-SPT</i> | 0,784   | 0,516           | 0,623               | 0,794               | 0,679     |
| Reese & Wright (1977)                |              | 0,803   | 0,529           | 0,638               | 0,813               | 0,696     |
| Briaud et al (1985)                  |              | 1,281   | 0,844           | 1,019               | 1,298               | 1,111     |
| Meyerhof (1976) (Data Lab)           | Laboratorium | 3,020   | 1,990           | 2,402               | 3,058               | 2,617     |
| Poulos & Davis (1980)                |              | 0,987   | 0,650           | 0,785               | 1,000               | 0,856     |
| U.S Army Corps                       |              | 2,202   | 1,451           | 1,751               | 2,230               | 1,908     |
| Coyle & Castello (1981)              |              | 1,899   | 1,252           | 1,511               | 1,924               | 1,646     |



Gambar 6. Perbandingan Nilai *BCR* Rata-rata antara Berbagai Persamaan

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai *BCR* rata-rata pada Proyek Pembangunan Grand Aston Hotel antara Persamaan Briaud et al. (1985), Poulos & Davis (1980), Reese & Wright (1977), Meyerhof (1976) dari data *N-SPT*, Coyle & Castello (1981), U.S. Army Corps, dan Meyerhof (1976) dari data laboratorium dengan interpretasi data hasil *loading test* secara berurutan yaitu 1,111; 0,856; 0,696; 0,679; 1,646; 1,908 dan 2,617.
2. Persamaan Poulos & Davis (1980) merupakan persamaan yang tepat digunakan dalam menghitung nilai  $Q_u$ , dikarenakan hasil nilai  $Q_u$  dari persamaan ini mendekati dan lebih kecil dari interpretasi data hasil *loading test* sehingga tepat untuk digunakan dalam merancang suatu pondasi yang lebih aman dan ekonomis. Sedangkan hasil dari persamaan Briaud et al. (1985) walaupun memiliki nilai *BCR* lebih mendekati dengan hasil pengujian beban tetapi persamaan ini memiliki nilai *BCR* lebih besar dari satu sehingga untuk alasan keamanan tidak disarankan untuk digunakan dalam perancangan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Noegroho Djarwanti, MT dan R.Harya Dananjaya H.I., ST, M.Eng yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini. Keluarga serta teman-teman teknik sipil 2011 yang selalu memberikan doa dan bantuan baik moril maupun materi. Dosen dan staff teknik sipil UNS yang telah banyak mempermudah dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- A.W. Skempton. (1986). "Standart Penetration Test Procedures and The Effects In Sands of Overburdens Pressures, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation". *Geotechnique*. v36:3. 425-427.
- C. R. I., Clayton. (1990). "SPT Energy Transmission: Theory, Measurement, and Significance". *Ground Engineering*, v23:10. 35-43.
- Cudoto, Donald P. (2000). "Foundation Design Principles and Practices". California State Polytechnic University. California
- Das, Braja M. (1995). "Principles of Foundation Engineering Third Edition". California State University. California
- Dwi Dedy A. (2010). "Studi Daya Dukung Tiang Tunggal dengan Beberapa Metode Analisis". Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Hary Christiady Hardiyatmo. (2006). "Teknik Fondasi I Cetakan Ke-3". Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hary Christiady Hardiyatmo. (2011). "Analisis dan Perancangan Fondasi Edisi Kedua". Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hendrik P. A. (2014). "Perbandingan analisis kapasitas dukung tiang tunggal pondasi Minipile menggunakan rumus dinamik, hasil uji SPT dengan hasil uji PDA Test". Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- L. E. Sulastrisihotang. (2009). "Analisis daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Gedung KANWIL DJP & KPP Sumbagut I Jalan Suka Mulia Medan" Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Medan
- Niken Silmi Surjandari. (2008). "Studi Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor Menggunakan Uji Beban Statik Dan Metode Dinamik". *Jurnal Media Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret*. 77-83
- Okky Fransila Arganata. (2015). "Analisa Korelasi Dimensi Penampang dan Panjang Pondasi *Borepile* dengan Metode *Reese O'neill* terhadap Metode *Terzaghi And Peck*". Skripsi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Prakash, Shamsheer & Sharma, Hari D. (1990). "Pile Foundation In Engineering Practice". Willey-Interscience. Canada
- Zainul Arifin. (2007). "Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung dengan Beberapa Metode Analisis". Tesis Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang