

HUBUNGAN DAYA DUKUNG AKSIAL PONDASI TIANG TUNGGAL PADA TANAH LEMPUNG

Muh. Rivai Mi'roj¹, Niken Silmi Surjandari², Bambang Setiawan³

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email: muhammadrivai078@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email : nikensilmisurjandari@staff.uns.ac.id

³Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email: bbstw88@yahoo.com

ABSTRACT

The bearing capacity of the pile foundation is determined by attaching the pile with the ground and end bearing. At the time of such erection, the bearing capacity value of each pile can be known by testing the axial force on the pile. PDA test is one of the ways to test. This study aims to find an equation of the bearing capacity based on the PDA result by using SPT data, that based on laboratory data by using Finite Element Method (FEM) in Ngemplak, Boyolali. The implementation of the PDA test can be approached with the bearing capacity of the SPT data test results and the Finite Element Method (FEM) of the correlation value so that economically it is expected to be as efficient as possible the project cost. This research uses secondary data from the field, and then they will be analyzed by using a statistical method to get the simple linear regression equation other statistical tests such as linear test, normality test, t-test and homogeneity test. By using a statistical method, in clay, the equation of this type of bearing capacity was $Q_{u(PDA)} = 1,683 * Q_{u(SPT)} - 904,26$ based on SPT data in Briaud method, et Al. (1985) with a correlation coefficient of 81.44 %.

Keywords: SPT, PDA, bearing capacity of the pile, correlation

ABSTRAK

Daya dukung pondasi tiang ditentukan berdasarkan pelekatan tiang dengan tanah dan tahanan ujung. Pada saat pemancangan nilai daya dukung dari masing – masing pondasi tiang tunggal dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian gaya aksial terhadap tiang. Salah satu pengesanan yang dapat dilakukan adalah tes PDA. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari persamaan daya dukung pondasi tiang tunggal berdasarkan hasil PDA dengan data SPT dan daya dukung pondasi tiang tunggal berdasarkan data laboratorium menggunakan metode elemen hingga dengan menggunakan data tanah di wilayah Ngemplak Boyolali. Pelaksanaan PDA test dapat didekati dengan daya dukung iji hasil data SPT dan Metode Elemen Hingga (FEM) dari nilai korelasinya sehingga dari segi perekonomian diharapkan sefisien mungkin nilai biaya proyek. Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapatkan dari lapangan, kemudian dianalisis dengan statistika untuk memperoleh persamaan regresi linier sederhana dan uji statistik seperti uji linieritas, uji normalitas, uji t dan uji homogenitas. Hasil analisis menggunakan metode statistika dari penelitian ini, menghasilkan persamaan daya dukung tiang tunggal pada tanah lempung sebesar $Q_{u(PDA)} = 1,683 * Q_{u(SPT)} - 904,26$ berdasarkan data SPT yang dianalisis menggunakan metode Briaud et Al (1985) dengan tingkat korelasi yang sangat kuat sebesar 81,44 %.

Kata kunci: SPT, PDA, daya dukung tiang, korelasi

1. PENDAHULUAN

Daya dukung pondasi tiang ditentukan berdasarkan pelekatan tiang dengan tanah (*cleef*) dan tahanan ujung (*end bearing*). Pada saat pemancangan nilai daya dukung pondasi pada tiang tunggal diketahui dengan cara melakukan pengujian gaya aksial terhadap tiang. Salah satu pengetesan yang dilakukan adalah tes PDA. Nilai beban maksimum ($Q_{ultimate}$) dapat diperkirakan dalam pengujian ini, tahanan ujung lengketan serta penurunan pondasi tiang. Struktur tanah dibawah pondasi tiang sangat mempengaruhi daya dukung tiang pondasi tunggal, sehingga nilai daya dukung tiang di lokasi titik pondasi yang berdekatan memiliki daya dukung tiang tunggal yang sangat bervariasi.

Didalam penelitian yang dilakukan oleh Yusti dkk (2014), metode Mayerhof dengan menggunakan data tanah hasil pengujian Standar Penetrasi Test (SPT) paling mendekati dengan hasil pengujian PDA dan CAPWAP yang didapatkan di lapangan. Dari penelitian ini diharapkan akan didapatkan nilai komparasi daya dukung pondasi tiang, sehingga perbedaan antara nilai daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan hasil tes PDA dibandingkan dengan analisis tes SPT dan metode elemen hingga dapat diketahui seberapa jauh. Dari segi perekonomian diharapkan seefisien mungkin nilai biaya proyek, maka pelaksanaan PDA test dapat didekati dengan daya dukung ijin hasil data SPT dan metode elemen hingga dari nilai korelasinya.

2. DASAR TEORI

Kapasitas daya dukung tiang berdasarkan data uji penetrasi standar (SPT)

Nilai kapasitas daya dukung ultimit tiang tunggal pada tanah lempung secara empiris dapat menggunakan nilai N-SPT. Menurut Mayerhof (1976) dalam Hardiyatmo (2015), mengusulkan persamaan untuk menghitung daya dukung ultimit tiang seperti pada persamaan dibawah ini :

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1)$$

$$Q_b = A_b * f_b \quad (2)$$

$$Q_s = A_s * f_s \quad (3)$$

a. Tahanan ujung tiang (f_b)

$$f_b = 0,4 N_{60'} \quad (L/d) \leq 3 N_{60'} \quad \sigma_r \quad (kN/m^2) \quad (4)$$

nilai maksimum tahanan ujung tiang digunakan apabila nilai $(L/d) \geq 7,5$

b. Tahanan gesek tiang (f_s)

$$f_s = 0,02 \sigma_r N_{60} \quad (5)$$

Sedangkan menurut Briaud et Al. (1985) dalam Hardiyatmo (2015), menyarankan untuk perhitungan tahanan ujung tiang (f_b) dan tahanan gesek tiang (f_s) adalah sebagai berikut :

a. Tahanan ujung tiang (f_b)

$$f_b = 19,7 * \sigma_r * N_{60}^{0,36} \quad (kN/m^2) \quad (6)$$

b. Tahanan gesek tiang (f_s)

$$f_s = 0,224 * \sigma_r * N_{60'}^{0,29} \quad (kN/m^2) \quad (7)$$

dengan,

f_b = tahanan ujung tiang (kN/m^2)

f_s = tahanan gesek tiang (kN/m^2)

σ_r = tegangan referensi ($100 kN/m^2$)

N_{60} = N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan saja

N_{60}' = rata-rata N-SPT, 10D diatas ujung tiang dan 4D dibawah ujung tiang

L = kedalaman tiang (m)

d = diameter tiang (m)

Kapasitas daya dukung tiang berdasarkan data PDA Test

Prosedur pengujian dengan menggunakan PDA dilakukan sesuai dengan peraturan ASTM D4945. Oleh karena itu, tiang tekan yang diuji sudah dalam keadaan tertanam, maka untuk pengujian tiang ditumbuk beberapa kali. Untuk tiang tekan yang diuji, tumbukan dilakukan 2 - 4 kali. Apabila sudah didapatkan kualitas rekaman yang cukup baik dan energi tumbukan yang tinggi, tumbukan dihentikan. Fluktuasi besarnya energi yang sesungguhnya

diterima oleh tiang dapat mempengaruhi jumlah tumbukkan yang diperlukan. Kualitas rekaman juga dipengaruhi oleh ketepatan pemasangan instrumen peralatan serta sistem elektronik dan kinerja komputer yang digunakan.

Kapasitas daya dukung tiang menggunakan metode elemen hingga

Program elemen hingga untuk perencanaan sipil yang telah dikembangkan untuk menganalisa penurunan dan stabilitas geoteknik, salah satunya program PLAXIS. Input data yang sederhana dalam program PLAXIS, mampu menghitung elemen hingga yang sangat detail dan tampilan *output* yang detail berupa hasil perhitungan secara otomatis berdasarkan penulisan angka yang benar.

Data yang dibutuhkan untuk *input data* pada penelitian ini adalah nilai-nilai parameter tanah yang diperoleh dari hasil penyelidikan tanah di lapangan, antara lain sebagai berikut :

- Modulus elastisitas tanah (E),
- Dry density (γ_{dry}),
- Wet density (γ_{wet}),
- Kohesi tanah (c),
- Poisson rasio (ν), dan sebagainya.

Analisa regresi sederhana

Analisis untuk melihat ada tidaknya hubungan antar variabel bebas dengan variabel terikat salah satunya menggunakan analisis regresi sederhana dan analisis regresi berganda yang merupakan hubungan antara 3 variabel atau lebih.

Persamaan umum Analisa regresi sederhana adalah:

$$Y = a + bX \quad (9)$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (10)$$

$$a = \frac{\sum Y_i \sum X_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (11)$$

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n} \quad (12)$$

dengan :

- n = Banyaknya data
- a = Konstanta;
- b = Koefisien Regresi.
- Y = Variabel terikat
- X = Variabel bebas

Koefisien korelasi

Hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya disebut korelasi, bisa secara kausal maupun korelasional. Apabila dalam hubungan tersebut dapat ditunjukkan sifat sebab akibat, maka korelasinya kausal, artinya jika variabel yang satu merupakan sebab, maka variabel lainnya merupakan akibat. Sedangkan apabila dalam hubungan tersebut tidak menunjukkan sebab akibat, maka korelasinya korelasional, artinya sifat hubungan variable satu dengan variabel lainnya tidak jelas.

Apabila nilai variabel bebas rendah, maka nilai variabel terikat akan menjadi tinggi dan berlaku sebaliknya. Koefisien korelasi tersebut didefinisikan sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum X.Y - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (13)$$

Dengan :

- n = Banyaknya data;
- X = Variabel bebas
- Y = Variabel terikat

3. METODE PENELITIAN

Data Tanah

Pada penelitian ini, data tanah yang digunakan merupakan data sekunder berdasarkan data tanah di sepanjang jalur kereta api akses bandara Adi Soemarmo – Solo Balapan. Data yang digunakan adalah data NSPT dan data laboratorium sebanyak 37 titik.

Data Tiang

Jenis tiang yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *prestressed concrete spun pile* dengan kondisi *free-end pile*, sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Tiang

No.	PARAMETER	NOMINAL
1	Diameter	600 mm
2	Tebal	100 mm
3	Kelas	C
4	Momen Inersia	510.508,81 cm ⁴
5	Fc'	52 MPa (600 kg/cm ²)
6	Momen Crack	29 ton.m
7	Momen Ultimate	58 ton.m

Sumber : brosur PT. Wijaya Karya Beton Tbk.

Modelling

Tahap pembuatan model dalam penyusunan ini menggunakan software plaxis 3D versi 2016 berdasarkan data laboratorium yang ada, Microsoft excel versi 16.37 dan perhitungan manual. Dari perhitungan pada tahap pembuatan model, hasil perhitungan dianalisis menggunakan perhitungan Microsoft excel versi 16.37 dan manual, kemudian dibandingkan dengan hasil tes PDA.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi data nilai daya dukung tanah ultimit tiang berdasarkan data PDA dengan hasil *static loading test*

Tiang yang diuji *Static loading test* di lapangan terletak pada tanah lempung dan terletak pada titik bor log BH-05 dan terdapat empat belas titik hasil tes PDA yang berdekatan dengan titik tersebut, oleh karena itu data hasil *static loading test* di validasi menggunakan titik PDA yang berdekatan menggunakan uji normalitas.

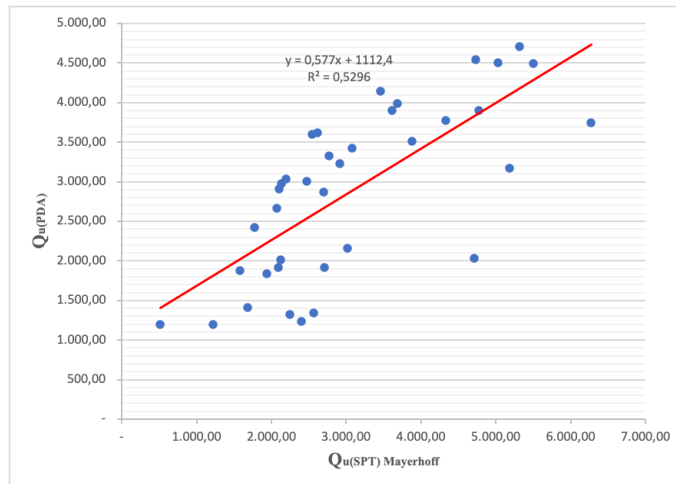
Berdasarkan nilai maksimum Uji normalitas daya dukung tiang berdasarkan hasil PDA tes dan hasil *static loading test*, nilai *Dhitung* adalah 0,121 kecil dari *Dtabel* (=0,276) maka *H₀* diterima dengan kesimpulan data hasil test PDA dan data hasil *static loading test* berdistribusi normal. Hal ini hasil test PDA dapat dianggap mendekati dengan hasil *static loading test*.

Hubungan $Q_{ultimit}$ tiang tunggal berdasarkan data SPT menggunakan metode Mayerhoff (1976) dan berdasarkan hasil tes PDA

Pemodelan regresi linear sederhana yang diestimasi yaitu $Q_{u(PDA)} = 1112,4 + 0.577 * Q_{u(SPT)}$ seperti terlihat pada grafik gambar 1.

Koefisien korelasi antara variabel $Q_{u(SPT)}$ menurut Mayerhoff (1976) dengan $Q_{u(PDA)}$ untuk tanah lempung adalah 0,727. Korelasi tersebut kuat, hal ini menandakan bahwa hubungan di antara kedua variabel tersebut kuat atau dengan dapat dikatakan bahwa kedua variabel tersebut dependen.

Koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 0,529 yang artinya bahwa keragaman $Q_{u(PDA)}$ mampu dijelaskan oleh $Q_{u(SPT)}$ sebesar 52.90 % atau dapat dikatakan bahwa $Q_{u(PDA)}$ mampu dijelaskan oleh $Q_{u(SPT)}$ sebesar 52.90 % dan sisanya 47.10 % dapat dijelaskan oleh peubah lain yang tidak berada dalam pemodelan ini.



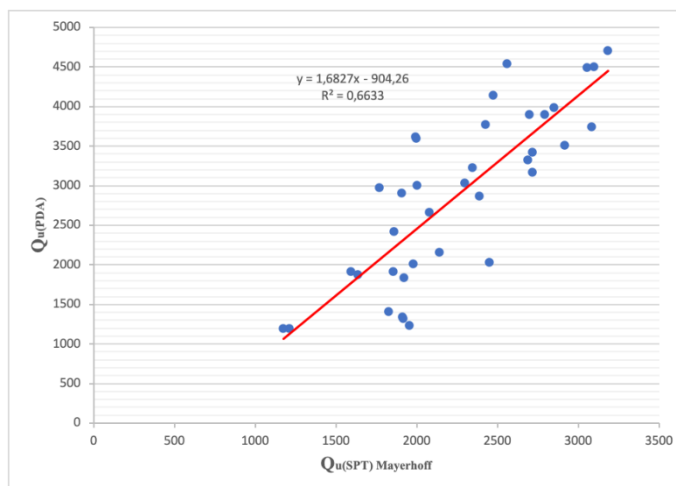
Gambar 1. Grafik persamaan regresi linier antara $Q_{u(SPT)}$ Mayerhoff dengan $Q_{u(PDA)}$ pada tanah lempung

Hubungan $Q_{ultimit}$ tiang tunggal berdasarkan data SPT menggunakan metode Briaud et. Al. (1985) dan berdasarkan hasil tes PDA

Pemodelan regresi linear sederhana yang diestimasi yaitu $Q_{u(PDA)} = 773,28 + 0.639 * Q_{u(SPT)}$ seperti terlihat pada grafik gambar 2.

Koefisien korelasi antara variabel $Q_{u(SPT)}$ menurut Briaud et Al. (1985) dengan $Q_{u(PDA)}$ untuk tanah lempung adalah 0,814. Korelasi tersebut sangat kuat, hal ini menandakan bahwa hubungan di antara kedua variabel tersebut sangat kuat atau dengan dapat dikatakan bahwa kedua variabel tersebut dependen.

Koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 0,663 yang artinya bahwa keragaman $Q_{u(PDA)}$ mampu dijelaskan oleh $Q_{u(SPT)}$ sebesar 66,30 % atau dapat dikatakan bahwa $Q_{u(PDA)}$ mampu dijelaskan oleh $Q_{u(SPT)}$ sebesar 66,30 % dan sisanya sebesar 33,70 % dapat dijelaskan oleh peubah lain yang tidak berada dalam pemodelan ini.



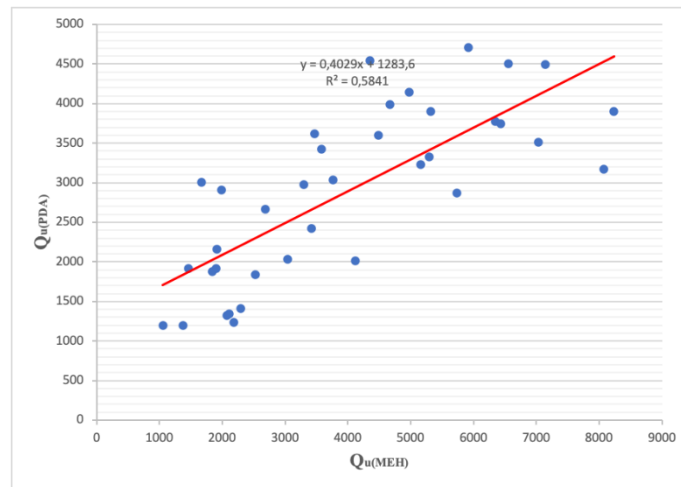
Gambar 2. Grafik persamaan regresi linier antara $Q_{u(SPT)}$ Briaud et Al. dengan $Q_{u(PDA)}$ pada tanah lempung

Hubungan $Q_{ultimit}$ tiang berdasarkan data laboratorium tanah menggunakan metode elemen hingga (Plaxis 3D) dan berdasarkan hasil tes PDA

Pemodelan regresi linear sederhana yang diestimasi yaitu $Q_{u(PDA)} = 0,403 * Q_{u(SPT)} - 1283,6$ seperti terlihat pada grafik gambar 3.

Koefisien korelasi antara variabel $Q_{u(MEH)}$ dengan $Q_{u(PDA)}$ untuk tanah lempung adalah 0,788. Korelasi tersebut sangat kuat, hal ini menandakan bahwa hubungan di antara kedua variabel tersebut sangat kuat atau dengan dapat dikatakan bahwa kedua variabel tersebut dependen.

Koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 0,621 yang artinya bahwa keragaman $Q_{u(PDA)}$ mampu dijelaskan oleh $Q_{u(SPT)}$ sebesar 62,10 % atau dapat dikatakan bahwa $Q_{u(PDA)}$ mampu dijelaskan oleh $Q_{u(SPT)}$ sebesar 62,10 % dan sisanya sebesar 37,90 % dapat dijelaskan oleh peubah lain yang tidak berada dalam pemodelan ini.



Gambar 3. Grafik persamaan regresi linier antara $Q_{u(SPT)}$ dengan $Q_{u(PDA)}$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut :

1. Hasil analisis kapasitas daya dukung pada tiang tunggal berdasarkan data SPT ($Q_{u(SPT)}$) menggunakan metode Mayerhof (1976) dan berdasarkan hasil tes PDA ($Q_{u(PDA)}$), maka didapatkan persamaan $Q_{u(PDA)} = 0,566 * Q_{u(SPT)} + 1112,4$ dengan tingkat korelasi yang kuat sebesar 72,77 %
2. Hasil analisis kapasitas daya dukung pada tiang tunggal berdasarkan data SPT ($Q_{u(SPT)}$) menggunakan metode Briaud et Al. (1985) dan berdasarkan hasil tes PDA ($Q_{u(PDA)}$), maka didapatkan persamaan $Q_{u(PDA)} = 1,693 * Q_{u(SPT)} - 904,26$ dengan tingkat korelasi yang kuat sebesar 81,44 %
3. Hasil analisis kapasitas daya dukung pada tiang tunggal berdasarkan data laboratorium menggunakan metode elemen hingga ($Q_{u(MEH)}$) dan berdasarkan hasil tes PDA ($Q_{u(PDA)}$), maka didapatkan persamaan $Q_{u(PDA)} = 1283,6,197 + 0,403 * Q_{u(MEH)}$ dengan tingkat korelasi yang sangat kuat sebesar 78,82 %

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. (2007). *Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung dengan Beberapa Metode Analisis*. Tesis Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang
- Boediono & Wayan Koster. (2008). *Teori dan Aplikasi Statistika dan Probabilitas*. Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Bowles, J. E. (1984). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M. (2011). *Principle Of Foundation Engineering*. Edisi 7. Cengage Learning. Stamford USA.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah*. Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Fellenius, B. H. (2004). *Basics of Foundation Design*. Elib Ab. Alberta
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjahmada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Plaxis 3D, Tutorial Manual. (2019). *Connect Edition V20*. Delft. Netherlands.
- Yusa, M., dkk. (2007). *Korelasi Penentuan Daya Dukung Tiang Cara Empirik (CPT) dengan Pile Driven Analysis (PDA) Di Kota Pekanbaru*. Media Teknik Sipil, Januari 2007, 41-48.
- Yusti, A., dkk. (2014). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test Dan Capwap (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkal pinang). *Jurnal Fropil*. 2(1): 19-31.