

Perbandingan antara Hasil Analisis Kapasitas Dukung Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Metode L'Decourt dengan Hasil Uji Pembebanan Dinamis

Michael Antonie Prayogo, Dimas Anggraito
Geotechnical Engineer - CV Testana Engineering

ABSTRAK: Majunya perkembangan di kota Surabaya, menjadikan banyaknya pembangunan – pembangunan semakin pesat dan penggunaan fondasi tiang sudah menjadi hal yang cukup umum sebagai struktur fondasi utama dalam bangunan. Lokasi studi terletak di Surabaya Utara, dimana secara umum kondisi lapisan tanahnya tersusun oleh jenis tanah lempung cukup lunak lagi tebal, yang merupakan bagian dari endapan alluvial. Data-data penyelidikan tanah yang terkumpul digunakan sebagai dasar dari perhitungan fondasi tiang pancang, yang nantinya akan dilakukan dengan metode L'Decourt (1982). Hasil pengujian pembebanan dinamis yang dianalisis dengan CAPWAP digunakan sebagai data pendukung dari studi ini sekaligus pembanding dari metode yang telah disampaikan. Setelah dilakukan analisis perbandingan terhadap kedua hasil tersebut, diketahui ratio kedua metode tersebut memberikan hasil yang cukup menyebar dan tidak membentuk pola secara spesifik.

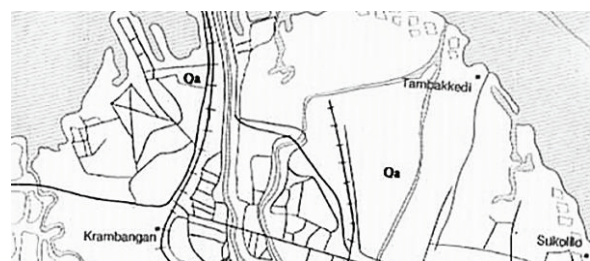
Kata Kunci: uji pembebanan dinamis, CAPWAP, kapasitas dukung fondasi tiang, Surabaya Utara

ABSTRACT: The advancement of development in the city of Surabaya, has made the number of developments increasingly rapid and the use of pile foundations has become quite common as the main foundation structure in buildings. The study site is located in North Surabaya, where in general the condition of the soil layer is composed of moderately soft and thick clay, which is part of alluvial deposits. The collected soil investigation data is used as the basis for calculating the pile foundation, which will later be carried out using the L'Decourt method (1982). The results of the dynamic loading test which were analyzed with CAPWAP were used as supporting data for this study as well as for comparison with the methods presented. After doing a comparative analysis of the two results, it is known that the ratio of the two methods gives results that are quite spread out and do not form a specific pattern.

Keywords: pile dynamic analysis, bearing capacity of pile foundation, North Surabaya

1 PENDAHULUAN

Banyak cara untuk menghitung kapasitas dukung fondasi tiang. Setiap metode memiliki karakteristik dan kecocokannya masing-masing tergantung batasan-batasan dan parameter-parameter yang digunakan. Namun kebanyakan metode yang digunakan merupakan hasil dari penerapan atau penelitian di negara lain yang pola tanahnya yang mungkin tidak sama persis dengan tanah di Indonesia, Afriyanto et al. (2017). Hal ini juga terjadi di Surabaya bagian utara yang didominasi tanah jenis Qa.



Gbr. 1. Peta Geologi Surabaya Utara.

Pada umumnya, untuk mendapatkan kapasitas dukung fondasi tiang aktual di lapangan dilakukan pengujian beban skala penuh (*Static Load Test*, SLT) atau dengan cara pengujian beban dinamis (*Dynamic Load*

Test, DLT). Pengujian DLT yang semakin umum dan banyak digunakan oleh pelaksana ataupun para ahli geoteknik dalam menguji kapasitas dukung sebuah fondasi tiang. Hal ini dikarenakan pengujian DLT lebih praktis dan efisien secara waktu dan tahapan pengujian.

Sedangkan untuk menghitung kapasitas dukung suatu fondasi tiang dapat menggunakan metode empiris. Karena metode empiris pengembangannya bukan berasal dari Indonesia terutama Surabaya, dibutuhkan sebuah penelitian untuk melihat apakah metode empiris yang digunakan sudah memberikan hasil yang mendekati dengan hasil pengujian di lapangan. Hal ini guna meningkatkan efisiensi dan ekonomis dalam suatu perencanaan proyek terutama dalam jumlah penggunaan fondasi tiang.

Dalam tulisan ini hasil pengujian DLT akan menggunakan metode PDA dengan analisa CAPWAP dan akan dibandingkan dengan metode empiris L'Decourt (1982) untuk fondasi tiang pancang yang disertai dengan data-data penyelidikan tanah berupa pemboran yang disertai dengan pengujian N-SPT pada daerah Surabaya Utara.

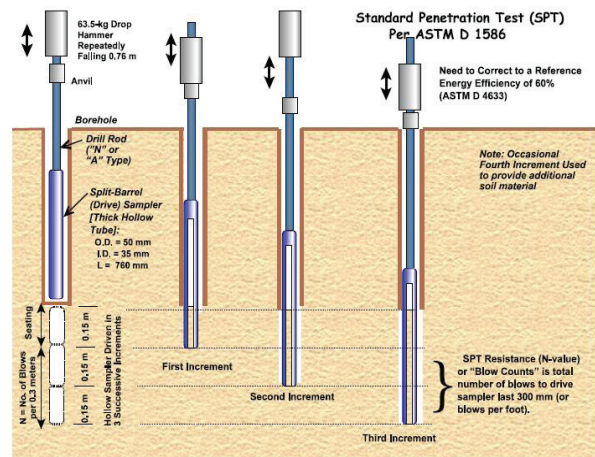
2 KAJIAN TEKNIS

2.1 Penyelidikan Tanah – Pemboran Dalam

Pemboran dalam dilakukan dengan sistem *coring* (*core drilling*) agar mendapatkan sampel – sampel tanah yang kemudian disusun di dalam kotak pemboran (*core boxes*) untuk dilakukan diskripsi visual lapisan tanah sehingga dapat digambarkan dalam profil lapisan penyusun tanah setempat.

2.2 Uji Penetrasi Standard

Pada lubang pemboran dilakukan pula uji penetrasi standard (SPT) setiap interval kedalaman 2.0 m untuk memperoleh N-Value dari contoh tanah yang representatif di kedalaman yang telah ditentukan. Bilamana bacaan N1 atau N2 atau jumlah pukulan SPT, $N2 + N3$ telah mencapai nilai 50. Sebagai gambaran ilustrasi dari mekanisme uji penetrasi standard disajikan pada Gbr. 2.



Gbr. 2. Prosedur Kerja Uji Penetrasi Standard, Mayne et al. 2002.

2.3 Kapasitas Dukung Fondasi Tiang

Kapasitas dukung fondasi tiang dianalisis dengan menggunakan rumus umum yang diperoleh dari penjumlahan tahanan ujung dan tahanan selimut tiang, disajikan dalam bentuk persamaan sbb.:

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

dimana Q_u adalah kapasitas dukung ultimit tiang, Q_p adalah kapasitas dukung ultimit ujung tiang dan Q_s adalah kapasitas dukung ultimit selimut tiang dalam.

2.3.1 Perlawanan Ujung (Q_p) Tiang

Perhitungan Q_p pada fondasi tiang pracetak berdasarkan metode L'Decourt (1982). menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q_p = (k_p \times N_{SPT}) \times A_p \quad (2)$$

dimana Q_p adalah kapasitas dukung ultimit ujung tiang dalam satuan ton, k_p adalah faktor jenis tanah yang nilainya bervariasi tergantung jenis tanah, $k_p = 40$ untuk jenis tanah pasir, $k_p = 25$ untuk jenis tanah lanau berpasir, $k_p = 20$ untuk jenis tanah lanau berlempung, $k_p = 12$ untuk jenis tanah lempung berlanau, N_{SPT} adalah nilai N_{SPT} pada ujung tiang dalam satuan bpf, A_p adalah luas penampang tiang dalam satuan m^2 .

2.3.2 Perlawanan Selimut (Q_s) Tiang Pracetak

Perhitungan kapasitas dukung selimut (Q_s) tiang pracetak dapat dituliskan berikut ini:

$$Q_s = \sum_{n=1}^i f_i \times (l_i \times p) \quad (3)$$

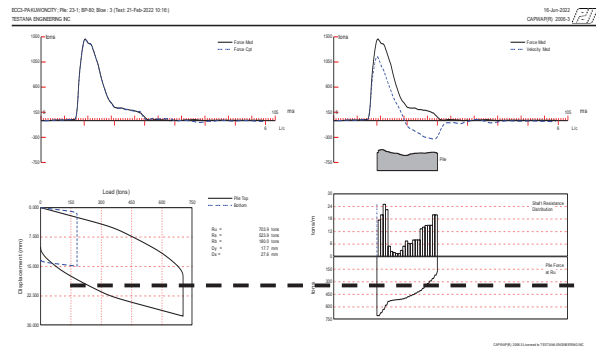
dimana Q_s adalah kapasitas dukung ultimit selimut tiang, f_i adalah gesekan selimut tiang dalam satuan t/m^2 , {(Rata-rata dari nilai N-SPT disepanjang selimut tiang) / 3} + 1, l_i adalah panjang tiang dalam satuan m, dan p adalah keliling penampang tiang dalam satuan m.

2.4 Pengujian Dinamik Fondasi Tiang

Uji beban dinamis atau biasa yang disebut dengan PDA (Pile Driving Analyzer) adalah pengujian pembebanan untuk mengevaluasi daya dukung tiang fondasi yang diuji menggunakan rambatan gelombang dinamis yang didapatkan dari regangan pada tiang dan pergerakan relatif (*relative displacement*) yang terjadi antara fondasi tiang dan tanah di sekitarnya yang diakibatkan oleh beban dinamik dari tumbukan *drop hammer* pada kepala tiang. Rambatan gelombang pada fondasi tiang ini direkam oleh perangkat komputer yang dilengkapi dengan aplikasi khusus yang dirancang untuk menganalisis gelombang-gelombang tersebut. Setelah dilakukan pengambilan data lapangan PDA kemudian dilakukan analisis lanjutan untuk menghitung kapasitas dukung tiang dari hasil bacaan pengujian di lapangan. Analisis ini menggunakan program CAPWAP.

2.4.1 Metode Analisa CAPWAP

Data hasil uji dinamik kemudian dianalisis dengan *Case Pile Wave Analysis* (CAPWAP) dengan beberapa asumsi seperti tahanan tanah adalah pasif yang bekerja pada saat tiang bergerak. Sebagai contoh dari hasil analisis CAPWAP dapat dilihat melalui Gbr. 3.

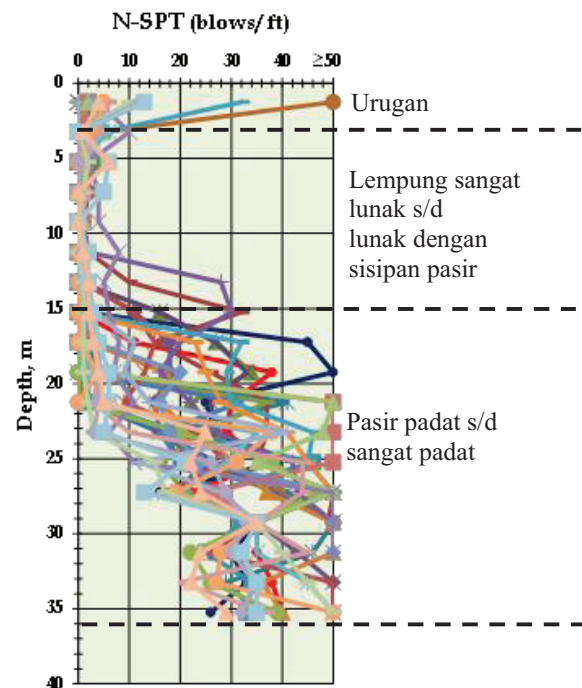


Gbr. 3. Tipikal Hasil Analisis CAPWAP.

3 HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil Penyelidikan Tanah

Berikut hasil uji penyelidikan tanah berupa 30 titik pemboran dalam dari lokasi yang ditinjau berupa nilai SPT dan deskripsi lapisan tanah yang tertera pada Gbr. 4.



Gbr. 4. Hasil Pemboran Dalam Beserta Nilai SPT vs Kedalaman Beserta Deskripsi Lapisan Tanah.

3.2 Hasil Uji Pembebanan Dinamik

Berikut hasil uji pembebanan dinamik yang diambil di Surabaya Utara yang tersajikan dalam Tabel 1 dengan beberapa ukuran penampang dan panjang fondasi tiang.

Tabel 1. Hasil PDA di Surabaya Utara.

Pile Type	Cross-section (cm)	Depth (m)	Qp (ton)	Qs (ton)	RMX (ton)
Square Pile	25	23	29	70	99
Square Pile	25	23	38	72	110
Square Pile	25	23	16	72	88
Square Pile	25	26	34	105	139
Square Pile	25	26	83	123	206
Square Pile	25	26	88	118	206
Square Pile	25	26	98	122	220
Square Pile	25	26	40	68	108
Square Pile	25	26	26	67	93
Square Pile	25	30	65	111	176
Square Pile	25	32	42	149	191
Square Pile	25	33	36	190	225
Square Pile	25	33.5	63	142	205
Square Pile	25	33.5	44	161	204
Square Pile	25	33.5	60	165	224
Square Pile	25	33.5	68	136	204
Square Pile	25	33.5	92	115	207
Square Pile	25	33.5	88	132	220
Spun Pile	30	24	9	89	98
Spun Pile	30	24	14	81	96
Square Pile	30	30	16	55	71
Square Pile	30	30	14	94	107
Square Pile	30	30	18	86	105
Spun Pile	35	27	56	153	209
Square Pile	35	28	38	126	163
Spun Pile	35	29	50	136	185
Spun Pile	35	29	49	83	132
Square Pile	35	29	78	95	173
Square Pile	35	29	28	39	67
Spun Pile	35	33	58	134	192

3.3 Hasil Perhitungan Fondasi Tiang dengan Metode L'Decourt (1982)

Berikut hasil perhitungan fondasi tiang dengan ukuran penampang dan kedalaman yang disamakan dengan hasil pengujian PDA dengan menggunakan metode L'Decourt (1982) yang ditabulasikan pada Tabel 2.

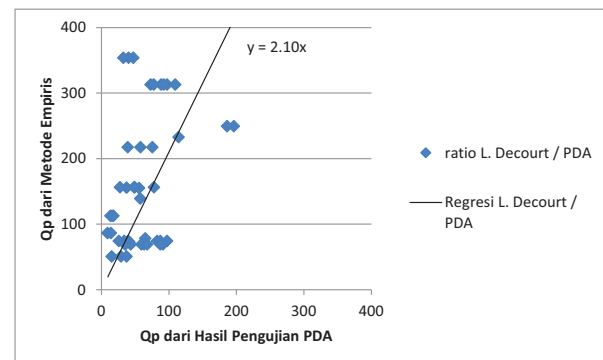
Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya Dukung Fondasi Tiang Menggunakan Metode L'Decourt (1982).

Jenis Tiang	Ukuran Tiang (cm)	Panjang Tiang (m)	Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)
Square Pile	25	23	32,0	22,6	54,6
Square Pile	25	26	58,3	38,8	97,1
Square Pile	25	30	62,9	63,9	126,8
Square Pile	25	32	59,0	74,6	133,6
Square Pile	25	33	55,8	79,8	135,6
Square Pile	25	33.5	55,1	82,4	137,5

Jenis Tiang	Ukuran Tiang (cm)	Panjang Tiang (m)	Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)
Square Pile	30	24	63,3	33,2	96,5
Square Pile	30	30	90,5	76,6	167,1
Square Pile	35	27	122,0	62,5	184,5
Square Pile	35	28	124,3	71,7	196,0
Square Pile	35	29	124,8	81,3	206,1
Square Pile	35	33	109,4	111,7	221,1
Square Pile	50	30	251,4	127,7	379,1
Spun Pile	50	25	166,2	51,9	218,1
Spun Pile	50	26	183,1	60,9	244,0
Spun Pile	50	28	199,2	80,5	279,7
Spun Pile	60	25	239,4	62,2	301,6
Spun Pile	60	30	284,4	120,4	404,8

3.4 Perbandingan antara Hasil Perhitungan Metode L'Decourt (1982) dan Hasil PDA

Berikut ditampilkan perbandingan dari hasil perhitungan Metode L'Decourt (1982) dan hasil PDA yang digambarkan pada Gbr. 5 dan Gbr. 6.

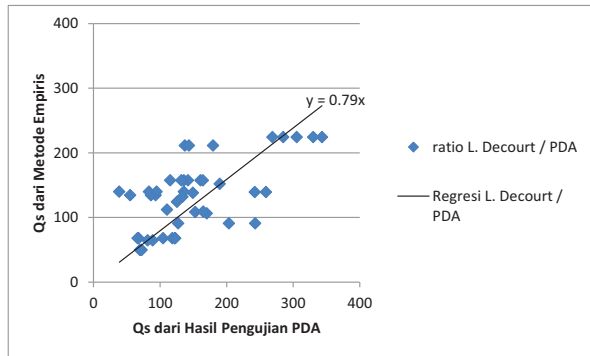


Gbr. 5. Perbandingan Q_p antara Hasil Pengujian PDA dan Perhitungan dengan Metode L'Decourt (1982).

Dari grafik perbandingan Q_p tersebut, terlihat bahwa hasil pengujian PDA di lapangan memberikan Q_p yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan Metode L'Decourt (1982). Jika ditarik garis regresi didapatkan ratio rata-rata sekitar 2,10 kali dari hasil *end bearing* fondasi tiang di lapangan dengan perhitungan empiris. Sehingga dapat ditulis pada Pers. (4):

$$Q_{p(e)} = 2.1 \times Q_{p(f)} \quad (4)$$

Namun pada grafik perbandingan Q_s pada Gbr. 6. terlihat bahwa hasil pengujian PDA di lapangan memberikan Q_s yang lebih konservatif daripada hasil perhitungan metode empiris.



Gbr. 6. Perbandingan Q_s antara Hasil Pengujian PDA dan Perhitungan dengan Metode L'Decourt (1982).

Hal ini dapat dilihat dari garis regresinya yang memberikan angka tidak lebih dari 1 yang juga mengindikasikan sekitar 0.79 kali lebih konservatif yang ditulis pada Pers. (5).

$$Q_{s(e)} = 0.79 \times Q_{s(f)} \quad (5)$$

4 KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan fondasi tiang pracetak dengan Metode L'Decourt (1982) mendapatkan hasil yang cukup beragam terhadap hasil pengujian PDA di Surabaya utara.

Bila dilihat dari nilai regresi grafik Q_p dan Q_s bahwa menunjukkan adanya kecenderungan untuk Q_p di pengujian PDA lebih kecil dan untuk Q_s lebih konservatif terhadap metode L'Decourt (1982).

5 SARAN

Dengan memperbanyak data pengujian di lapangan baik PDA maupun SLT bisa memberikan hasil yang lebih akurat dan lebih mewakili terhadap Q_p dan Q_s antara pengujian di lapangan dengan metode empiris sehingga dapat membantu penggunaan metode empiris yang lebih efisien dan lebih akurat.

Selain hasil pengujian fondasi tiang di lapangan, disarankan untuk juga dimbangi dengan hasil penyelidikan tanah yang lebih menyeluruh.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang ikut mendukung dalam penulisan maupun memberikan data-data sehingga dapat menjadi bahan referensi dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanto, A. & Sipil, J. T. 2017. *Macam Metode pada Proyek Apartemen the Frontage Surabaya*.
PDA Manual. 2006. Pile Dynamic Inc.
CAPWAP Manual. 2006. Pile Dynamic Inc.
Zakahfi, A. T., & Kusumawardani, R. 2018. *Perbandingan Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Metode Perhitungan L. Decourt dan Tes PDA*. *Teknika* 13(1): 1. Diakses dari <https://doi.org/10.26623/teknika.v13i1.724>.
Prayogo, A. M., Wahyudi, H. & Mochtar B.I. 2021. *Comparison Between the Results of the Pile Bearing Capacity Analysis Based on Empirical Method and Finite Element Method Using the Results of Dynamic Analysis on the Field*.

