

# Metode Kurva Fitting untuk Mengestimasi Daya Dukung Tiang Bor dan Tiang Pancang Hasil Uji Beban Vertikal Statis

Fabian Johannes Manoppo

Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado

**ABSTRAK:** Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengestimasi daya dukung tiang bor dan tiang pancang hasil uji beban horisontal maupun vertikal statis. Penelitian ini dilakukan untuk mengestimasi daya dukung tiang bor dan tiang pancang hasil uji beban vertikal statis 5 (lima) pelaksanaan studi kasus dilapangan dan 1 (satu) pemodelan dilaboratorium. Metode pemancangan tiang pancang terdiri dari bore pile (tiang bor) dan driven pile (tiang pancang). Hasil uji beban vertikal statis akan diperoleh grafik hubungan antara beban  $Q$  dan penurunan  $S$ . Metode kurva fitting digunakan untuk mengestimasi daya dukung ke enam tiang pancang. Teori Meyerhof digunakan untuk menghitung daya dukung tiang bor dan tiang pancang berdasarkan data pemeriksaan tanah dilapangan dengan alat Standart Penetration Test (SPT). Perbandingan antara daya dukung dengan metode kurva fitting dan teori Meyerhof diperoleh factor  $m$ , dimana nilainya antara 0.5-0.97 untuk tanah keras (hard/stiff soil) dan 0.2-0.4 untuk tanah lunak (soft soil). Hasil ini juga dibandingkan dengan metode lainnya seperti metode Chin, P-Y kurva dan metode Mazur Kiwics serta hasil dari O'Cell Test dan PDA Test dimana memberikan nilai daya dukung lebih kecil yaitu daya dukung kerja (working load).

**Kata Kunci :** daya dukung, metode kurva fitting, tiang bor, tiang pancang

**ABSTRACT:** Some research were done in other to estimate the ultimate bearing capacity of single bored pile and driven pile based on horizontal load test and vertical static load test in the field. The aims of this research is to estimate the bearing capacities of single pile based on static loading test five cases in the field and one in the laboratory test. Type of pile installation was bored pile and driven pile. The result of static loading test was given Load  $Q$  and Settlement  $S$  curve. Curve Fitting Method was used to estimated the bearing capacity for six piles. Theoretical of ultimate bearing capacity was computed by using Meyerhof theory based on standard penetration test (SPT) data. The  $m$  factor was provided from the theoretical computed divided with fitting method in which, the value was given 0.5 to 0.97 for hard/stiff soil and 0.2 to 0.4 for soft soil. The result was compared then method of Chin, P-Y curve, Mazur Kiwics, O'Cell test and PDA test in which the value of bearing capacity was lower then others method so given the working load.

**Keywords :** bearing capacity, curve fitting method, bored pile, driven pile

## 1 PENDAHULUAN

Struktur bangunan teknik sipil seperti gedung-gedung bertingkat, jembatan, jalan layang, dermaga serta bangunan kilang minyak dilepas pantai umumnya menggunakan pondasi tiang pancang. Beberapa teori telah diusulkan untuk menganalisa daya dukung tiang pancang yang menerima beban vertikal diberbagai macam variasi jenis tanah baik menggunakan data-data laboratorium dan pemeriksaan langsung dilapangan seperti uji beban statis. Beberapa teori yang menggunakan data pemeriksaan sifat fisik dan mekanik tanah antara lain yang diusulkan oleh Meyerhof, Vesic dan Janbu

sementara untuk uji beban statis dilapangan metode Manoppo dan Koumoto, Davidson, Hansen, Chin, P-Y kurva, Mazur Kiwics, De Beer, Single Tangent, Double Tangent, Szechi dan O'Cell test. Uji beban statis saat ini adalah dianggap lebih mendekati pada kondisi lapangan sebenarnya namun kendala yang dihadapi adalah kesulitan dalam menentukan daya dukung tiang pancang dari grafik beban  $Q$  dan penurunan  $S$ . Metode kurva fitting digunakankan untuk mengestimasi daya dukung tiang bor dan tiang pancang hasil pengujian beban statis vertikal. Analisa daya dukung tiang bor dan tiang pancang ini dilakukan pada hasil uji beban statis dilapangan seperti pada pondasi tiang bor pada pylon jembatan

Soekarno di Manado dengan O'Cell test, proyek jembatan Ciujung jalan tol Cipularang tiang bor, proyek Mangga dua square Jakarta tiang bor, proyek Wisma BCA II Jakarta tiang bor dan tiang pancang. Metode kurva fitting juga digunakan untuk menganalisa hasil uji beban statis tiang pancang di laboratorium.

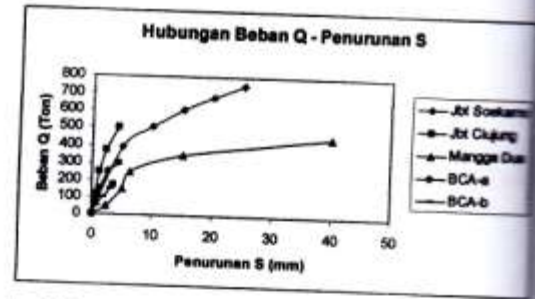
### DATA TIANG

Nama Proyek	Diameter Tiang D(m)	Panjang Tiang L (m)
Jembatan Soekarno Manado	1.20/1.50	37.0/45.4
Jembatan Ciujung Cipularang	1.20	22.0
Mangga Dua Square Jakarta	0.51	18.0
Wisma BCA II (a) Jakarta	0.60	15.5
Wisma BCA II(b) Jakarta	0.50	11.0
Uji Laboratorium	0.015	0.32

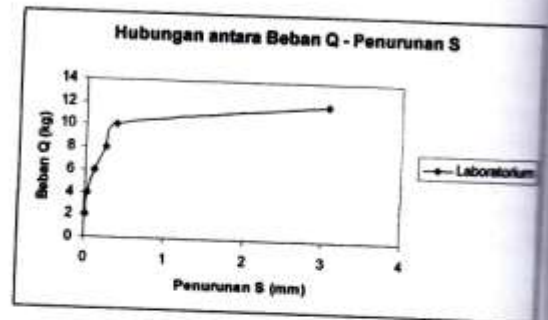
### DATA TANAH

Jenis Tiang	Nilai SPT Np (ujung)	Nilai SPT Ns-rata-rata (samping)
Jembatan Soekarno Manado	36.0	38.4
Jembatan Ciujung Cipularang	50.0	23.8
Mangga Dua Square Jakarta	48.5	3.6
Wisma BCA II (a) Jakarta	50.0	32.5
Wisma BCA II(b) Jakarta	45.0	19.5
Uji Laboratorium	Cu=1.8t/m <sup>2</sup>	Ø=29°

Hasil uji beban baik dilapangan maupun dilaboratorium dapat dilihat pada Gambar 1a dan 1b. sebagai berikut



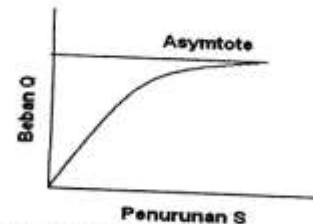
Gbr-1a. Hubungan antara Beban Q dan Penurunan S hasil dari uji beban statis dilapangan



Gbr-1b. Hubungan antara Beban Q dan Penurunan S uji beban statis di laboratorium

### TEORI DAN ANALISA HASIL

Metode kurva fitting digunakan digunakan pada kurva hubungan beban Q - penurunan S dengan menganggap sebagai sebuah asymptot seperti pada Gambar 2,



Gbr 2. Asumsi metode kurva fitting hubungan beban Q - penurunan S

Secara matematika dapat di tulis seperti :

$$Q = S / (a + b \times S) \quad (1)$$

$$S/Q = a + b \times S \quad (2)$$

dimana, a dan b adalah parameter dari kurva Q ~S.

Persamaan 2 dibahagi dengan S,

$$1/Q = a/S + b \quad (2a)$$

Pada saat penurunan S tak berhingga ( $\infty$ ) persamaan 2a akan menjadi seperti :

$$Q = Q_{S \rightarrow \infty} = 1 / b \quad (3)$$

dimana  $Q_{S \rightarrow \infty}$  adalah asumsi daya dukung maksimum saat penurunan S = tak berhingga.

Adapun hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 1 seperti berikut ini,

Tabel 1. Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Faktor

Nama Proyek	Daya dukung Fitting $Q_{s \rightarrow \infty} = 1/b$ (ton;kg)	Daya Dukung Tiang Teori Meyerhof $Q_{ut}/Q_a$ lab (ton;kg)
1. Jembatan Soekarno Manado	1000.00	968.31
2. Jembatan Cijujung Cipularang	909.09	952.84
3. Mangga Dua Square Jakarta	526.32	154.54
4. Wisma BCA II (a) Jakarta	588.24	270.92
5. Wisma BCA II(b) Jakarta	476.19	150.93
6. Uji Laboratorium	12.36	10.28

Nama Proyek	Factor m $Q_a \text{ SPT} / Q_{s \rightarrow \infty}$	Factor m $Q_{ut} / Q_{s \rightarrow \infty}$
1. Jembatan Soekarno Manado	0.97/0.75/0.52 / 0.51	-
2. Jembatan Cijujung Cipularang	1.05	-
3. Mangga Dua Square Jakarta	0.29	-
4. Wisma BCA II (a) Jakarta	0.46	-
5. Wisma BCA II(b) Jakarta	0.32	-
6. Uji Laboratorium		0.83

Teori dari daya dukung  $Q_{ut}$  tiang pancang digunakan rumus Meyerhof sebagai berikut :

Untuk data SPT,

$$Q_{ut \text{ SPT}} = (4 * N_p * A_p) + (N_s \text{ rata-rata} * A_s / 50) \quad (4)$$

dimana,

$N_p$  = Nilai SPT pada ujung tiang pancang

$N_s$  rata-rata = Nilai SPT pada keliling tiang rata-rata

$A_p$  = Luas ujung tiang pancang

$A_s$  = Keliling tiang pancang

Untuk data laboratorium,

$$Q_{ut} = 0.5 * \gamma * D * K_s * \tan \delta + A_p * q' * N_q \text{ (pasir)} \quad (5)$$

$$Q_{ut} = 9 * C_u * A_p + \alpha * C_u * A_s \text{ (lempung)} \quad (6)$$

dimana,

$C_u$  = kohesi tanah lempung

$q' = \gamma * L$  ( $\gamma$  = kepadatan tanah,  $L$  = Panjang Tiang )

$N_q$  = Faktor daya dukung

$\alpha$  = Koefisien Adhesi

$K_s$  = Koefisien tekanan tanah

Faktor m diperoleh dari :

$$m = Q_{ut} / Q_{s \rightarrow \infty} \quad (7)$$

$$Q_a = m * Q_{ut} \quad (8)$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode kurva fitting dan dengan menggunakan faktor m yang berkisar antara 0.5 – 0.97 untuk tanah keras (hard/stiff soil) dan 0.2-0.4 untuk tanah lunak (soft soil) maka

daya dukung kerja  $Q_a$  (working load) tiang pancang hasil uji beban statis dilapangan dapat diperoleh. Adapun hasil ini dibandingkan dengan hasil perhitungan uji beban statis dengan menggunakan metode O'Cell Test, PDA Test, Mazur Kiewich, P-Y dan Chin hasil perhitungan dari Mega Febriana et al 2007 yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini,

Tabel 2. Hasil perhitungan daya dukung dengan beberapa metode

Nama Proyek	Daya dukung Fitting $Q_{s \rightarrow \infty} = 1/b$ (ton;kg)	Daya Dukung Tiang Teori Meyerhof SPT(fitting)/ O'Cell/PDA/CAP WAP (ton)
1. Jembatan Soekarno Manado	1000.00	968.31/750/520/509.1
2. Jembatan Cijujung Cipularang	909.09	952.84
3. Mangga Dua Square Jakarta	526.32	154.54
4. Wisma BCA II (a) Jakarta	588.24	270.92
5. Wisma BCA II(b) Jakarta	476.19	150.93
6. Laboratorium	12.00	10.80

Daya Dukung Tiang Teori Chin $Q_{ut}$ (ton)	Daya Dukung Tiang Teori Mazur Kiewich $Q_{ut}$ (ton)	Daya Dukung Tiang Teori kurva P-Y $Q_{ut}$ (ton)
714.29	450	420
420.17	520	320
420.17	420	307
274.73	280	203
148.81	164	112
8.57	9.2	10

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa dengan menggunakan metode kurva fitting kita dapat menganalisa beban kerja dengan menggunakan factor m yaitu 0.5 – 0.97 untuk tanah keras (hard/stiff soil) dan 0.2 – 0.4 untuk tanah lunak (soft soil).

Nilai daya dukung yang diperoleh dengan metode kurva fitting ini dapat digunakan untuk mengetahui daya dukung kerja (working load) dimana nilainya lebih kecil dari daya dukung maksimum (ultimate bearing capacity)

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) Brinch-Hansen, J. (1961): The Ultimate Resistance of Rigid Piles against Transversal Forces; Geoteknisk Instit., Bull. No. 28, Copenhagen
- 2) Canadian Foundation Engineering Manual (1992). Third Edition, Canadian Geotechnical Society, Technical Committee on Foundation, p.

- 3) Chin, F. K. (1970): Estimation of the Ultimate Load of Piles not carried to Failure; Proceedings, 2<sup>nd</sup> Southeast Asian Conference on Soil Engineering, Singapore, pp. 81~90
- 4) Kismanto, A and Manoppo, F.J. (2007), Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Vertikal Pada Tanah Lempung Kepasiran Akibat Beban Vertikal. KTIS Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Unsrat Manado.
- 5) Manoppo F.J., Koumoto T. (1998) , Fitting Method for Determining the Ultimate Bearing Capacity of Flexible Batter Piles in Sand under Lateral Loads. *Journal of The Japanese Society Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering (JSIDRE)* No.195, pp 19-26.
- 6) Manoppo F.J., Koumoto T. (1998), Fitting Method for Determining the Ultimate Bearing Capacity of Flexible Batter Piles in Clay under Lateral Loads. *Journal of The Japanese Society Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering (JSIDRE)* No.197, pp 71-78.
- 7) Manoppo F.J., Koumoto T. (1998), Ultimate Bearing Capacity and Deflection of Flexible Batter Piles in Clay under Horizontal Loads., *Proceedings of the International Symposium on Lowland Technology Institute of Lowland Technology Saga University Japan*, pp 219-226.
- 8) Manoppo, F.J. (2008), Pengaruh Kemiringan Tiang Pada Kapasitas Dukung Tiang Pancang Kelompok di Tanah Lempung Lunak akibat Beban Axial. *Jurnal Tekno Fakultas Teknik Unsrat Manado* Vol.06/No.48/Des. 2008
- 9) Mega Febriana, et all. (2007), Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor dan Tiang Pancang Dengan Bantuan Program Plaxis V7.2 Sesuai Tahapan Pembebanan Pada Uji Beban Statis. *Jurnal Teknik Sipil Univeristas Pelita Harapan*, Vol.4, No.2, Juli.
- 10) Meyerhof, G.G. (1976), Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations, *ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Divission*, 102(GT3), pp. 197 -228
- 11) Poulos, H.G. and Davis, E.H., *Pile Foundation Analysis and Design*. John Wiley and Sons, Inc, New York, 1980
- 12) PT. Multi Ageotescon (2008), Pengujian Dinamis Tiang Bor Dengan Pile Driving Analyzer (PDA) dan Analisis CAPWAP Proyek Jembatan Dr.Ir.Soekarno, Desember .
- 13) Sastry, V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J. (1994), *Bearing Capacity and Deflection of Laterally Loaded Flexible Piles*, Bulletin of the Faculty of Agriculture, Saga University, No.78.
- 14) Sastry, V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J. (1995), *Bearing Capacity and Bending Moment of Flexible Batter Piles in Homogeneous Soil under Horizontal Loads*, Bulletin of the Faculty of Agriculture, Saga University, No.79.
- 15) Sastry.V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J.(1996), *Deflection of Flexible in Sand under Horizontal Loads*, 49<sup>th</sup> Canadian Geotechnical Conference of Canadian Geotechnical Society, pp.231-238.
- 16) Soil Dynamics(Malaysia)SDN.BHD (2008), *Bidirectional Static Load Test Proposed Dr.Ir.Soekarno Bridge at Manado North Sulawesi*, September 12<sup>th</sup>
- 17) R. Rama Rao. (1990), *Estimation of Load Capacity in Bored Piles*, Conference on Deep Foundation Practice, 30-31 Oktober, Singapore.