

# Pengaruh Kemiringan Tiang pada Kapasitas Dukung Tiang Pancang Kelompok di Tanah Lempung Lunak Akibat Beban Aksial

Fabian J. Manoppo

## Abstrak

Pengaruh dari kemiringan tiang terhadap kapasitas dukung maksimum ( $Q_u$ ) dari tiang pancang kelompok pada tanah lempung lunak telah diteliti dengan variasi kemiringan tiang dimana jarak antar tiang tetap. Tiang pancang kelompok terdiri dari 4 tiang besi dengan panjang dan diameter yang sama. Percobaan dilakukan dilaboratorium dengan variasi kemiringan tiang ( $\beta$ ) dimulai dari  $0^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 30^\circ$ .

Hasil perhitungan kapasitas dukung maksimum dari percobaan dilaboratorium ( $Q_{u,Lab}$ ) dibandingkan dengan kapasitas dukung maksimum teori ( $Q_{u,Teori}$ ) dari Meyerhof, G.G dan Ranjan 1976. Hasil percobaan dilaboratorium menunjukkan daya dukung maksimum dari laboratorium ( $Q_{u,Lab}$ ) untuk kemiringan tiang ( $\beta$ )  $\pm 0^\circ$  58.49% lebih besar dari  $Q_{u,Teori}$ , selanjutnya untuk kemiringan tiang ( $\beta$ )  $\pm 15^\circ$   $Q_{u,Lab}$  lebih besar 37.13% dari  $Q_{u,Teori}$  sementara untuk kemiringan tiang ( $\beta$ )  $\pm 30^\circ$   $Q_{u,Lab}$  lebih besar 0.8% dari  $Q_{u,Teori}$ . Pengaruh kemiringan tiang terhadap daya dukung tiang pancang kelompok dari percobaan di laboratorium terjadi kenaikan sampai dengan kemiringan tiang ( $\beta$ )  $\pm 30^\circ$ , sedangkan hasil perhitungan daya dukung teori menunjukkan kenaikan hanya sampai pada kemiringan tiang ( $\beta$ )  $\pm 15^\circ$  dan menurun kembali pada kemiringan tiang ( $\beta$ )  $\pm 30^\circ$ .

**Kata kunci:** Kapasitas dukung maksimum tiang pancang, kemiringan tiang, tiang pancang kelompok.

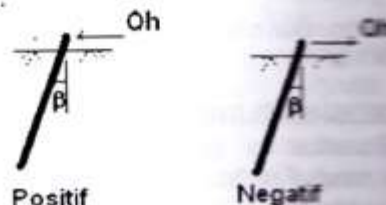
## PENDAHULUAN

Pondasi tiang pancang adalah bagian konstruksi yang berfungsi untuk mentransmisikan beban-beban pada lapisan tanah yang berdaya dukung kecil ke lapisan tanah yang lebih dalam dengan daya dukung yang lebih besar. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk menghitung daya dukung tiang pancang tunggal akibat berbagai beban dan diberbagai lapisan tanah seperti, Koumoto, T. et al. (1988) *Deflection behaviour of flexible piles in homogeneous soils subjected to horizontal loads*, Manoppo F.J. and Koumoto T. (1998) *Ultimate bearing capacity and deflection of flexible batter piles in clay under horizontal loads*, Manoppo, F.J. and Koumoto, T. (1998). *Fitting method for determining the ultimate bearing capacity of flexible batter piles in homogeneous sand under horizontal loads*, Manoppo, F.J. and Koumoto, T. (1998). *Fitting method for determining the ultimate bearing capacity of flexible batter piles in clay under lateral loads*, Meyerhof, G.G. and Ranjan, G., (1972). *The Bearing Capacity of Rigid Piles under Inclined Loads in Sand. I, Vertical Piles*, Canadian Geotechnical Journal, 9, pp. 430 - 446, Meyerhof, G.G. and Ranjan (1973) *The bearing capacity of rigid piles under inclined loads in Sand II batter piles*, Meyerhof, G.G. (1976) *Bearing capacity and settlement of pile foundations*, Meyerhof, G.G. (1979) *Lateral resistance and deflection of rigid walls and piles in layered soils*, Meyerhof, G.G and Yalcin, A.S. (1984) *Pile capacity for eccentric inclined load in clay*, Sastry, V.V.R.N and Meyerhof, G.G. (1994) *Behaviour of flexible piles in layered sands under eccentric and inclined loads*, Sastry, V.V.R.N. et al (1994) *Bearing capacity and deflection of laterally loaded flexible piles*, Sastry, V.V.R.N. et al (1995) *Bearing capacity and bending moment of flexible batter piles in homogeneous soil*

*under horizontal loads*, Sastry, V.V.R.N. et al (1996) *Deflection of flexible piles in sand under horizontal loads*. Pada aplikasi dilapangan, pondasi yang terdiri dari tiang pancang tunggal jarang ditemukan, umumnya digunakan tiang pancang kelompok (Pile Group). Menurut Pect et al., 1953 dan McNulty, (1956) tiang pancang miring dapat digunakan untuk menaikkan kapasitas dukung jika tiang pancang vertikal tidak mampu memikul beban horizontal yang ada. Berdasarkan penelitian - penelitian tersebut diatas maka penelitian pengaruh kemiringan terhadap daya dukung tiang pancang kelompok akibat beban aksial ditanah lempung lunak akan dilaksanakan dengan pemodelan dilaboratorium dalam bentuk uji pembebanan pada 4 kelompok tiang pancang dengan variasi kemiringan ( $\beta$ ) tiang dimulai dari  $0^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 30^\circ$ .

## LANDASAN TEORI

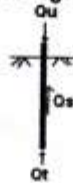
Dalam menganalisa tiang pancang kelompok perhitungan daya dukungnya diperoleh dari daya dukung tiang pancang tunggal dimana untuk tiang pancang miring dapat dibagi dalam dua yakni tiang pancang miring positif jika arah beban horizontalnya berlawanan dengan arah kemiringan tiang dan tiang pancang miring negatif jika arah beban horizontalnya searah dengan arah kemiringan tiang pancang yang dapat digambarkan sebagai berikut :





Untuk menganalisa daya dukung tiang pancang kelompok akibat beban axial digunakan gabungan teori sebagai berikut :

Tiang pancang tunggal vertikal ( $\beta=0^0$ ) akibat beban axial ditinjau lempung lunak digunakan rumus Meyerhof. G. G. 1976 sebagai berikut :



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

dimana,

$Q_u$  = Daya dukung tiang pancang tunggal vertikal

$$Q_t = 9 C_u A_p \quad (2)$$

$Q_t$  = Tahanan ujung

$C_u$  = Kuat geser tanah

$A_p$  = Luas ujung tiang pancang

$$Q_s = \alpha C_u A_s \quad (3)$$

$Q_s$  = Tahanan samping

$\alpha$  = Faktor adhesi

$C_u$  = Kuat geser tanah

$A_s$  = Keliling tiang pancang

Tiang pancang tunggal miring ( $\beta=\pm 15^0, \pm 30^0$ ) digunakan rumus dari Meyerhof dan Ranjan 1973 sebagai berikut :



$$Q_{um} = 1 / \sqrt{(\cos \alpha / Q_{ta})^2 + (\sin \alpha / Q_{tm})^2} \quad (4)$$

dimana

$Q_{um}$  = Daya dukung tiang pancang tunggal miring

$$\alpha = 90^0 - \beta \quad (5)$$

$Q_{ta} = 9 C_u A_p + \alpha C_u A_s$

$$Q_{tm} = 0.4 C_u D d K_c \quad (6)$$

$$K_c = 2 \tan (45 + \phi/2) \cdot S_{cu} \quad (7)$$

$D$  = kedalaman tertanam tiang pancang

$d$  = diameter tiang pancang

$S_{cu}$  = faktor bentuk tiang pancang

Tiang pancang kelompok digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{u \text{ kel}} = \eta \times N \times Q_u \text{ tunggal} \quad (8)$$

dimana

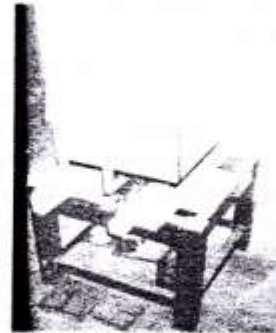
$\eta$  = Efisiensi digunakan rumus Converse Labbare

$N$  = Jumlah tiang pancang

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Penentuan jenis tanah menggunakan standart AASTHO. Dari hasil pemeriksaan analisa saringan jumlah lolos #200 =

84.435%, Atterberg test diperoleh LL=60, PL=36.3 dan IP=23.7 maka diperoleh jenis tanah lempung lunak dengan kadar air tanah  $W = 45\%$ , nilai kuat geser tanah lempung ( $C_u$ ) dari hasil pengujian dengan alat Unconfined Compression Test (UCT) adalah 0.2 kg/cm<sup>2</sup>. Jenis tiang pancang yang digunakan terbuat dari baja dengan nilai modulus elastisitas  $E = 2.1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>, diameter tiang 1.5 cm dan panjang tiang 32 cm. tiang pancang terdiri dari 4 tiang yang dihubungkan dengan pelat dengan jarak antar tiang 5D dan jarak dari tepi pelat ketiang 2.5D. Alat penghubung beban dengan kelompok tiang (frame) terbuat dari alluminium, berfungsi sebagai media penyalur beban axial terhadap kelompok tiang pancang. Untuk mengukur besarnya penurunan digunakan dial gauge. Jenis pembebanan adalah pembebanan statis yang terbuat dari besi baja dengan berat 1 kg, 2 kg, 3 kg, 4 kg, 5 kg dan 10 kg. Kotak percobaan terbuat dari papan tebal 3 cm dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 50 cm dan tinggi 50 cm. Lengkapnya dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2 dibawah ini.



Gambar 1. Kotak percobaan dan frame beban



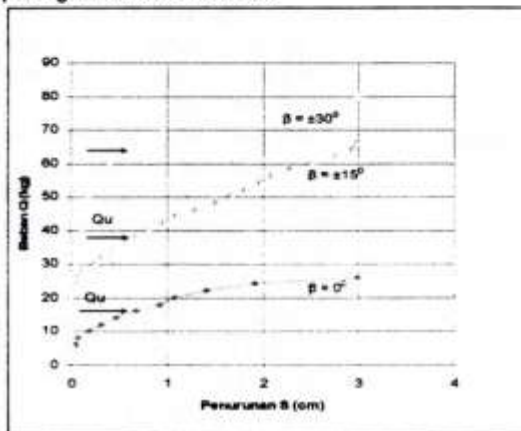
Gambar 2. Tiang pancang kelompok dengan berbagai variasi kemiringan

Mekanisme kerja percobaan dilaboratorium dapat di jelaskan sebagai berikut :

Material lempung dimasukkan kedalam kotak percobaan 50 x 50 x 50 cm dengan cara setiap 10 cm lapis tanah dilakukan pemadatan secara merata sampai kotak percobaan terisi penuh. Sebelum mulai percobaan diambil sample tanah untuk melakukan pengujian Kadar Air dan Kuat Geser Tanah ( $C_u$ ). Kelompok tiang pancang di masukkan dengan cara di dorong dengan tangan secara perlahan sampai pada



kedalaman yang diinginkan model driven pile. Frame beban digantung bersamaan dengan pemasangan dial gauge tegak lurus pada pelat pengikat kelompok tiang pancang. Pembebanan dilakukan dimulai dengan beban 1kg, 2kg dst dengan selisih waktu 30 menit untuk masing masing penambahan beban dan dilakukan pembacaan penurunan pada dial gauge untuk setiap penambahan beban. Setelah mencapai keruntuhan maka dilakukan pengambilan sample tanah untuk dilakukan pengujian kadar air dan kuat geser tanah. Selanjutnya dilakukan pengujian yang sama untuk kemiringan tiang yang berbeda. Hasil uji pembebanan di laboratorium yaitu beban dan penurunan dibuat dalam bentuk grafik dan untuk mendapatkan daya dukung maksimum diperoleh dengan metode P-Y curve. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Hubungan antara beban Q dan penurunan S untuk untuk kemiringan ( $\beta$ ) tiang  $0^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 30^\circ$

#### HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang kelompok ( $Q_u$  kel) dari percobaan dilaboratorium dari grafik hubungan beban dan penurunan diperoleh dengan menggunakan metode kurva P-Y dan kapasitas dukung tiang pancang kelompok ( $Q_u$  kel) dari perhitungan dengan menggunakan teori dari Meyerhof dan Ranjan 1973 dapat dilihat dalam table 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil perhitungan  $Q_u$  kel laboratorium dan  $Q_u$  kel teori untuk berbagai variasi kemiringan tiang pancang

Kemiringan ( $\beta$ )	$Q_u$ kel (kg)		Perbedaan (%)
	Teori	Lab.	
$0^\circ$	58.87	22	58.49
$\pm 15^\circ$	73.17	46	37.13
$\pm 30^\circ$	68.56	68	0.8

Hasil penelitian menunjukkan masih terjadi perbedaan yang besar antara kapasitas dukung tiang pancang kelompok  $Q_u$  kel dari percobaan dilaboratorium dibandingkan dengan kapasitas

dukung kelompok  $Q_u$  kel dari perhitungan teori dari Meyerhof dan Valsangkar 1973. Hal yang positif yang dapat dilihat dari hasil dilaboratorium menunjuk terjadi kenaikan daya dukung kelompok  $Q_u$  kel akibat perubahan kemiringan tiang pancang sementara teori menunjukkan pada kemiringan ( $\beta$ )  $\pm 30^\circ$  terjadi penurunan kembali.

Dari beberapa penelitian penulis sebelumnya Manoppo, F.J. (1998) mengenai pengaruh kemiringan tiang pancang akibat beban horizontal menunjukkan bahwa untuk kemiringan yang terbesar terjadi pada kemiringan ( $\beta$ )  $-15^\circ$  namun untuk tiang pancang kelompok dari hasil dilaboratorium terjadi pada kemiringan ( $\beta$ )  $\pm 30^\circ$

#### KESIMPULAN

Untuk menaikkan daya dukung tiang pancang khususnya di tanah lempung lunak akibat beban axial dapat dilakukan dengan menggunakan tiang pancang miring disarankan kemiringan tiang ( $\beta$ ) berkisar antara  $\pm 15^\circ$  s/d  $\pm 30^\circ$ .

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok  $Q_u$  kel. dengan menggunakan teori dari Meyerhof G.G 1995 dikombinasikan dengan teori Meyerhof G. G. dan Ranjan 1973 untuk kemiringan tiang ( $\beta$ )  $0^\circ$  atau tiang pancang vertikal rumus yang ada perlu di kalikan faktor pengali sebesar 0.56, sementara untuk kemiringan tiang ( $\beta$ )  $\pm 15^\circ$  faktor pengalinya adalah 0.37 dan untuk kemiringan tiang ( $\beta$ )  $\pm 30^\circ$  dapat langsung digunakan.

Penelitian lebih lanjut dengan full scale loading test dilapangan diperlukan untuk memperoleh hasil yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Koumoto T., Meyerhof G.G., Sastry V.V.R.N., Analysis of Bearing Capacity of Rigid Pile under Eccentric and Inclined Loads, Volume 23. Pages 127 – 131, Canadian Geotechnical Journal/Revue Canadienne de Geotechnique. National Research Council Canada, 1986
- Manoppo F.J., Koumoto T., 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, 1998
- Manoppo F.J., Koumoto T., 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, 1998

- Manoppo F.J., Koumoto T., Ultimate Bearing Capacity and Deflection of Flexible Batter Piles in Clay under Horizontal Loads., Proceedings of the International Symposium on Lowland Technology Saga University Japan, pp 219-226, 1998
- McNulty, J.F., Thrust Loading on Piles, Proc. ASCE, 82, No. SM2, pp. 940-1-25
- Meyerhof, G.G. and Ranjan, G., The Bearing Capacity of Rigid Piles under Inclined Loads in Sand. I, Vertical Piles, Canadian Geotechnical Journal, 9, pp. 430 - 446, 1972
- Meyerhof, G.G. and Ranjan, G., The Bearing Capacity of Rigid Piles under Inclined Loads in Sand. II, Batter Piles, Canadian Geotechnical Journal, 10, 71-85, 1973
- Meyerhof, G.G., Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations, ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division, 102(GT3), pp. 197 -228 (1976)
- Meyerhof, G.G., Soil Structure Interaction and Foundations. General Report, 6<sup>th</sup> Panamerican Conference on Soil Mechanics, Lima, Vol.1, pp. 109 – 140
- Meyerhof, G.G., Mathur, S.K. and Valsangkar, A.J., Lateral Resistance and Deflection of Rigid Walls and Piles in Layered Soils, Canadian Geotechnical Journal, 18, 159-170, 1981
- Meyerhof, G.G. and Yalcin, A.S., Pile Capacity for Eccentric Inclined Load in Clay. Canadian Geotechnical Journal, 21, 389-396, 1984
- Peck, R.B., Hansen, W.E. and Thornburn, T.H., Foundation Engineering. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1953
- Poulos, H.G. and Davis, E.H., Pile Foundation Analysis and Design. John Wiley and Sons, Inc, New York, 1980
- Sastry, V.V.R.N. and Meyerhof, G.G., Behaviour of Flexible Piles in Layered Sands under Eccentric and Inclined Loads, Canadian Geotechnical Journal, Vol.31, No. 4, 513-520, 1994
- Sastry, V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J., Bearing Capacity and Deflection of Laterally Loaded Flexible Piles, Bulletin of the Faculty of Agriculture, Saga University, No.78, 1994
- Sastry, V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J., 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, 1995
- Sastry.V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J., Deflection of Flexible in Sand under Horizontal Loads, 49<sup>th</sup> Canadian Geotechnical Conference of Canadian Geotechnical Society, pp.231-238, 1996