

## PERILAKU TIANG PANCANG MIRING PADA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG KELOMPOK AKIBAT BEBAN VERTIKAL DI TANAH PASIR

Fabian Johannes Manoppo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado  
e-mail ; fabian\_jm@yahoo.com

### Abstrak

Perilaku dari kemiringan tiang terhadap kapasitas dukung maksimum ( $Q_u$ ) pada tiang pancang kelompok pada tanah pasir dengan berbagai variasi kepadatan pasir telah teliti dengan variasi kemiringan tiang dimana jarak antar tiang tetap. Tiang pancang kelompok terdiri dari empat tiang besi dengan panjang dan diameter yang sama. Percobaan dilakukan di laboratorium dengan variasi kemiringan tiang ( $\beta$ ) dimulai dari  $0^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 30^\circ$ . Hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang kelompok maksimum dari percobaan di laboratorium  $Q_{u, \text{kel, lab}}$  dibandingkan dengan kapasitas dukung tiang pancang kelompok maksimum teori  $Q_{u, \text{kel, teori}}$  dari Meyerhof, G.G dan Ranjan. Hasil percobaan di laboratorium menunjukkan daya dukung maksimum laboratorium  $Q_{u, \text{kel, lab}}$  mengalami penurunan sejalan dengan perubahan kemiringan tiang dari ( $\beta$ )  $\pm 0^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$  dan  $\pm 30^\circ$  hal yang sama juga terjadi pada daya dukung tiang pancang kelompok teori  $Q_{u, \text{kel, teori}}$ .

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

### Abstract

*Behavior of batter pile of the ultimate bearing capacity of piles group in sand under vertical loads were carried out in the laboratory with various sand densities and pile various deflection angle of batter pile with constant pile spacing. Pile groups consisted of four steel piles. The piles length and diameter were constructed in the same size. The pile loading tests were conducted at the laboratory with various batter of piles ( $\beta$ )  $0^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 30^\circ$ . The ultimate bearing capacities of pile group from the model test in the laboratory  $Q_{u, \text{group, lab}}$  were compared to the ultimate bearing capacities of pile group theoretically  $Q_{u, \text{group, teori}}$  as suggested by Meyerhof, G.G. and Ranjan. The result shows that the ultimate bearing capacities from the laboratory  $Q_{u, \text{group, lab}}$  decreased while the batter of pile increased ( $\beta$ )  $\pm 0^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$  and  $\pm 30^\circ$  as well as ultimate bearing capacities theoretically  $Q_{u, \text{group, teori}}$ .*

**Keywords :** Batter of pile, pile group, the ultimate bearing capacity of pile.

## 1. PENDAHULUAN

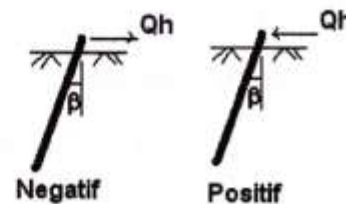
Bangunan teknik sipil seperti gedung bertingkat, jembatan, dermaga biasanya menggunakan pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang adalah bagian konstruksi yang berfungsi untuk mentransmisikan beban-beban pada lapisan tanah yang berdaya dukung kecil ke lapisan tanah yang lebih dalam dengan daya dukung yang lebih besar. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk menghitung daya dukung tiang pancang tunggal akibat berbagai jenis beban dan diberbagai lapisan tanah seperti, Manoppo F.J. and Koumoto T. [1], [2], [3], Manoppo, F.J. [4], Meyerhof, G.G. and Ranjan, G. [5], Meyerhof, G.G. and Ranjan, G. [6], Meyerhof, G.G. [7], Meyerhof, G.G. and Yalcin, A.S. [8], Meyerhof, G.G., Mathur, S.K. and Valsangkar, A.J. [9] Poulos, H.G. and Davis, E.H. [10], Sastry, V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J. [11], Sastry, V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J. [12], Sastry.V.V.R.N., Koumoto, T. and Manoppo, F.J. [13].

Berdasarkan penelitian – penelitian di atas maka penelitian pengaruh kemiringan terhadap daya dukung tiang pancang kelompok akibat beban vertikal di tanah pasir akan dilaksanakan dengan

pemodelan di laboratorium dalam bentuk uji pembebanan pada kelompok 4 tiang pancang dengan variasi kemiringan ( $\beta$ ) tiang dimulai dari  $0^\circ$ ,  $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 30^\circ$ .

## 2. 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 bagian 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, Gambar 1.



Gambar 1. Posisi gaya horizontal pada tiang pancang negatif dan positif

Analisis daya dukung tiang pancang kelompok akibat beban vertikal digunakan gabungan teori sebagai berikut :

Tiang pancang tunggal vertikal ( $=0^\circ$ ) akibat beban vertikal ditanah pasir digunakan rumus Meyerhof. G. G. [7] sebagai berikut :



Gambar 2. Tiang pancang tunggal vertikal

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

dengan:

$Q_a$  = Daya dukung tiang pancang tunggal vertikal

$$Q_t = A_t \cdot P_o \cdot N_q \quad (2)$$

$Q_t$  = Tahanan ujung

$P_o = \gamma \cdot D$

= Berat isi tanah

$A_t$  = Luas ujung tiang pancang

$N_q$  = Faktor daya dukung pondasi

$$Q_s = 0.5 \cdot K_s \cdot D \cdot \tan \phi \cdot A_s \quad (3)$$

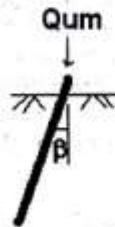
$Q_s$  = Tahanan samping

=  $\phi / 2$

$A_s$  = Keliling tiang pancang.

$D$  = Panjang tiang pancang

Tiang pancang tunggal miring ( $=\pm 15^\circ, \pm 30^\circ$ ) digunakan rumus dari Meyerhof dan Ranjan [6] sebagaimana Gambar 3.



Gambar 3. Tiang pancang tunggal miring

$$Q_{um} = 1 / [(\cos \beta / Q_a)^2 + (\sin \beta / Q_b)^2] \quad (4)$$

dengan:

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

$Q_b$  = Daya dukung tiang pancang tunggal horisontal.

$$= 90^\circ \quad (5)$$

$$Q_b = 0.125 \cdot \gamma \cdot B \cdot D^2 \cdot K_b \quad (6)$$

$$K_b = \tan^2 (45 + \phi/2) + \tan^2 (45 - \phi/2) \cdot S_{bu} \quad (7)$$

dengan :

$D$  = kedalaman tertanam tiang pancang

$B$  = diameter tiang pancang

$S_{bu}$  = faktor bentuk tiang pancang

Tiang pancang kelompok digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{u, \text{kel}} = x \cdot N \cdot x \cdot Q_a \quad (\text{vertikal}) \quad (8)$$

$$Q_{u, \text{kel}} = x \cdot N \cdot x \cdot Q_{um} \quad (\text{miring}) \quad (9)$$

dengan:

$x$  = Efisiensi digunakan rumus *Converse Labarre*,

$N$  = Jumlah tiang pancang.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado. Jenis pasir yang digunakan adalah pasir homogen dengan kepadatan pasir 1.28 kg/cm<sup>3</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 2.5 diameter dan jarak dari tepi pelat ketiang 2.5 diameter. Alat penghubung beban dengan kelompok tiang (*frame*) terbuat dari aluminium, berfungsi sebagai media penyalur beban vertikal terhadap kelompok tiang pancang. Digunakan *dial gauge* untuk mengukur besarnya penurunan. 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 4 dan Gambar 5.

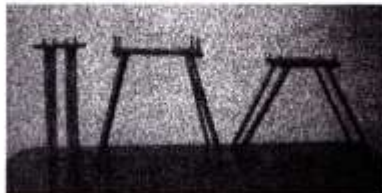
Mekanisme kerja percobaan di laboratorium dapat di jelaskan sebagai berikut :

Material pasir dimasukkan kedalam kotak percobaan 50 x 50 x 50 cm dengan cara dihujani secara merata untuk mendapatkan kepadatan yang diinginkan sampai kotak percobaan terisi penuh. Sebelum mulai percobaan diambil sample tanah untuk mendapatkan kepadatan tanah yang direncanakan yakni 1.28 kg/cm<sup>3</sup>. Kelompok tiang pancang dimasukkan dengan cara didorong dengan tangan secara perlahan sampai pada kedalaman yang diinginkan model *driven pile*.



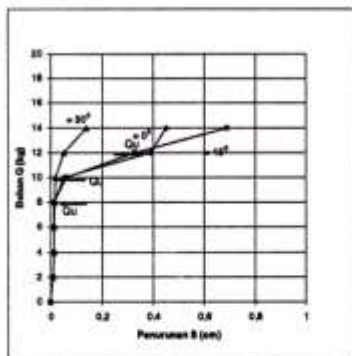


Gambar 4. Kotak percobaan dan pengatur beban



Gambar 5. Tiang pancang kelompok dengan berbagai variasi kemiringan

Penahan beban digantung bersamaan dengan pemasangan *dial gauge* tegak lurus pada pelat pengikat kelompok tiang pancang. Pembebanan dilakukan dimulai dengan beban 1 kg, 2 kg dst dengan selisih waktu 30 menit untuk masing masing penambahan beban dan dilakukan pembacaan penurunan pada *dial gauge* untuk setiap penambahan beban. Selanjutnya dilakukan pengujian yang sama untuk kemiringan tiang yang berbeda.



Gambar 6. Hubungan antara beban Q dan penurunan S untuk kemiringan ( ) tiang 0°, ±15°, ±30°

Hasil uji pembebanan di laboratorium diperoleh nilai beban Q dan penurunan S. Nilai Q dan S dibuat dalam bentuk kurva untuk mendapatkan daya dukung maksimum yang dihitung dengan metode *P-Y curve* yaitu titik perpotongan antara garis singgung dibawah dan diakhir kurva Q - S. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6.

#### 4. PEMBAHASAN

Hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang kelompok ( $Q_{u, kel}$ ) percobaan di laboratorium yang diperoleh dengan menggunakan metode kurva P-Y dan kapasitas dukung tiang pancang kelompok ( $Q_{u, kel}$ ) teori dari Meyerhof dan Ranjan [6] dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan  $Q_{u, kel, lab}$  dan  $Q_{u, kel, teori}$  untuk berbagai variasi kemiringan tiang pancang.

Kemiringan ( )	$Q_{u, kel}$ (kg)		Perbedaan (%)
	Teori	Laboratorium	
0°	7.48	12	38.08
± 15°	7.45	10	25.50
± 30°	5.77	8	27.87

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang cukup besar antara nilai kapasitas dukung tiang pancang kelompok  $Q_{u, kel, lab}$  dari percobaan di laboratorium dibandingkan dengan kapasitas dukung kelompok  $Q_{u, kel, teori}$  perhitungan teori dari Meyerhof dan Ranjan [6]. Daya dukung tiang pancang kelompok  $Q_{u, kel, lab}$  di laboratorium menunjukkan terjadi penurunan daya dukung akibat perubahan kemiringan tiang pancang ( ) ±0°, ±15° dan ±30° demikian juga dengan  $Q_{u, kel}$  teori.

Dari beberapa penelitian penulis sebelumnya Manoppo, F.J.[1,2] mengenai pengaruh kemiringan tiang pancang akibat beban horizontal menunjukkan bahwa daya dukung maksimum tiang pancang terbesar terjadi pada kemiringan tiang ( ) -15° namun untuk tiang pancang kelompok dari hasil dilaboratorium terjadi pada kemiringan ( ) 0°. Dari hasil ini menunjukkan bahwa tiang pancang miring hanya akan memberikan kontribusi kenaikan daya dukung pada beban horizontal untuk kemiringan tiang ( ) -15° sedangkan pada beban vertikal tiang pancang miring tidak memberikan kenaikan daya dukung tiang pancang sebaliknya mengurangi daya dukung tiang pancang.

#### 5. SIMPULAN

Tiang pancang miring mengurangi daya dukung tiang pancang kelompok khususnya di tanah pasir akibat beban vertikal.

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang cukup besar antara kapasitas dukung tiang pancang di laboratorium  $Q_{u, kel, lab}$  dan kapasitas dukung tiang pancang teori.  $Q_{u, kel, teori}$  rata-rata 30.48%.

Untuk itu diperlukan faktor koreksi ataupun penelitian lebih lanjut dengan uji beban di lapangan dengan skala ukuran tiang pancang yang lebih besar dan lebih banyak untuk memperoleh hasil yang lebih baik.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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*.
- [5] 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.
- [6] Meyerhof, G.G. and Ranjan, G., 1973. "The Bearing Capacity of Rigid Piles under Inclined Loads in Sand. II, Batter Piles", *Canadian Geotechnical Journal*, 10, 71-85.
- [7] Meyerhof, G.G., 1976. "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations", *ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 102(GT3), pp. 197 -228.
- [8] Meyerhof, G.G., Mathur, S.K. and Vaisangkar, A.J., 1981. "Lateral Resistance and Deflection of Rigid Walls and Piles in Layered Soils", *Canadian Geotechnical Journal*, 18. 159-170.
- [9] Meyerhof, G.G. and Yalcin, A.S., 1984. "Pile Capacity for Eccentric Inclined Load in Clay", *Canadian Geotechnical Journal*, 21. 389-396.
- [10] Poulos, H.G. and Davis, E.H., 1980. "Pile Foundation Analysis and Design", John Wiley and Sons, Inc, New York.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.