

PENGARUH WAKTU TERHADAP PENINGKATAN KAPASITAS DUKUNG KELOMPOK TIANG PADA TANAH LUNAK

Razaq Arif Cakra Wardana

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Riau

Ferry Fatnanta

Dosen Jurusan Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Riau

Soewignjo Agus Nugroho

Dosen Jurusan Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Riau

ABSTRACT: Tests by previous researchers have discovered phenomenon increasing significantly of axial capacity foundation on soft soil. In this final project researchers created a model of the group piles in soft soil and given time variations of pile driving. By keeping the soil moisture conditions in order to condition the soil shear strength does not change, it is hoped the results of this study demonstrate and produce an increase in the amount of the axial bearing capacity of pile. The results of direct testing and interpretation of the results showed a significant increase until the end of the age of Pile Driving (68 days). At the age of 68 days, the pile axial capacity increased by an average 50.2% of the age of piling on one day. The study also produced an increase in the time factor (Δ_{10}) that can be used in the empirical formula found by previous researchers.

Keywords: time factor, axial capacity, group pile, soft soil.

1. PENDAHULUAN

Pada kondisi struktur tanah lunak, daya dukung pondasi mengandalkan friksi atau tahanan kulit untuk menahan beban di atasnya. Rendahnya daya dukung pondasi tersebut disebabkan kandungan air yang tinggi sehingga dapat merenggangkan ikatan antar butir tanah yang mengakibatkan daya dukung terhadap konstruksi yang didirikan di atasnya menjadi rendah (Das, 1993). Selain itu, daya dukung pondasi juga akan berkurang akibat proses pemancangan yang menyebabkan gangguan pada tanah disekeliling tiang pondasi.

Beberapa peneliti sebelumnya yang membahas tentang peningkatan daya dukung pada tanah lunak, diantaranya Skov dan Denver (1988), Bullock et al. (2005b), dan Augusteen et al. (2006). Pada penelitian tersebut, perbedaan terletak pada faktor peningkatan (Δ_{10}) yang didapat berdasarkan pengujian yang dilakukan.

Sejauh ini, penelitian yang telah dilakukan hanya untuk pondasi tiang tunggal. Selain itu, perencanaan pondasi pada tanah lunak sering

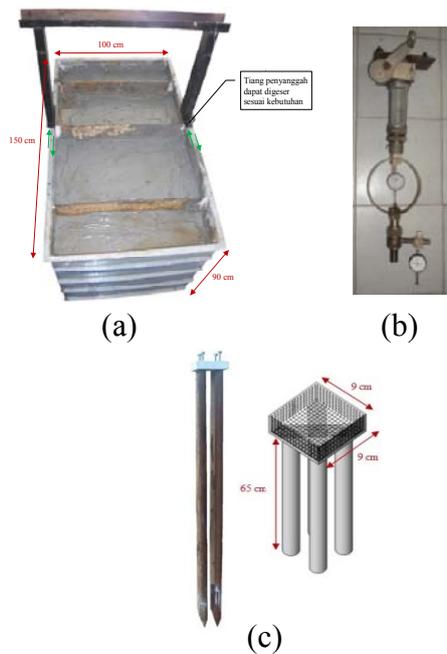
tidak memperhitungkan faktor waktu sebagai salah satu faktor yang berpengaruh terhadap pondasi yang direncanakan.

Pada penelitian ini, peneliti melakukan perkuatan terhadap jenis tanah lanau plastisitas tinggi dengan memberikan kelompok tiang dan diuji kapasitas aksialnya berdasarkan penambahan umur pemancangan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memperlihatkan penambahan daya dukung pondasi kelompok tiang pada jenis tanah yang digunakan dalam penelitian.

2. METODE PENELITIAN

Jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lunak (tanah lanau dengan plastisitas tinggi) yang berasal dari pesisir Sei Pakning, dan kelompok tiang terdiri dari 4 buah tiang pacang dengan panjang tiang 65 cm dan diameter 23 mm.

Alat penelitian yang digunakan adalah seperangkat alat uji tekan bebas yang telah dimodifikasi, bak kedap air dengan dimensi 150 x 100 x 90 cm³ (panjang x lebar x tinggi) serta portal untuk kedudukan alat uji tekan.



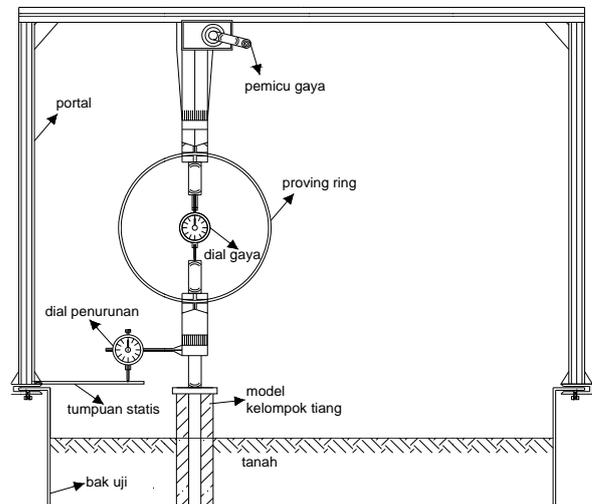
Gambar 1. (a) Bak Uji, (b) Alat Uji Tekan dan (c) Pile Pondasi

Tanah lanau yang diambil dari pesisir Sei Pakning dimasukkan kedalam bak uji yang dibuat kedap air dengan dimensi 150 cm x 100 cm dan tinggi 90 cm. Kemudian tanah didiamkan selama satu bulan agar tanah bisa mengisi kembali pori-porinya. Untuk mencegah terjadinya penguapan yang berlebihan, tanah diberi kain basah pada permukaan tanah yang selalu dijaga kelembapan kainnya dengan menambahkan sedikit air secara rutin.

Setelah itu, dilakukan pemancangan kelompok tiang dengan cara manual dan bertahap agar tanah tidak rusak pada saat proses pemancangan. Setelah semua pondasi tertanam, pondasi didiamkan untuk kemudian dilakukan pengujian pembebanan sesuai dengan umur pemancangan.

Pada saat umur pemancangan telah tercapai, selanjutnya dilakukan pengujian pembebanan dengan alat uji tekan bebas yang dimodifikasi seperti pada Gambar 2. Pada alat pengujian terdapat 2 dial yang diamati yaitu dial penurunan dan dial beban. Pembacaan dial dilakukan setiap 15 detik dengan putaran pembebanan yang konstan (2 putaran tiap 15 detik). Pembacaan Pengujian dilakukan sampai dial beban pada alat menunjukkan penurunan atau tetap selama 5 kali pembacaan berturut-turut.

Setelah ketiga sampel pada satu umur pemancangan selesai dilakukan pengujian pembebanan, kemudian dilakukan pengujian *vane shear* untuk mengetahui kuat geser tanah pada saat pengujian dilakukan. Dan kemudian dilakukan juga pengujian kadar air tanah sebagai *quality control* penelitian ini.

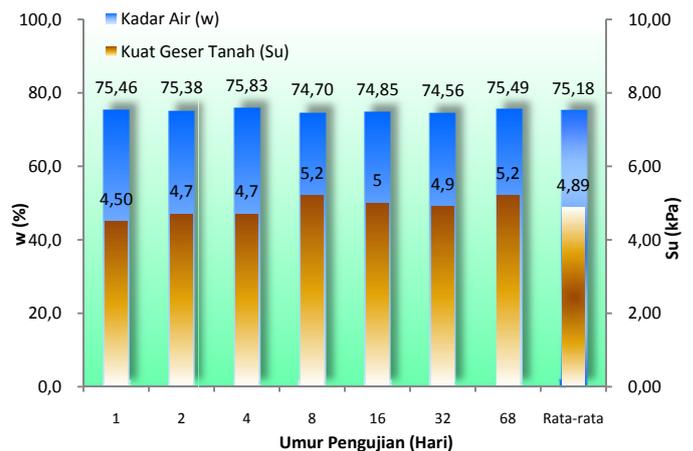


Gambar 2. Sketsa Pengujian Pembebanan

3. HASIL PENELITIAN

3.1. Hasil Pengujian *Quality Control* Tanah

Hasil pengujian *quality control* tanah yang dilakukan sesaat setelah pengujian pembebanan pada setiap umur pemancangan dapat dilihat pada Gambar 3.



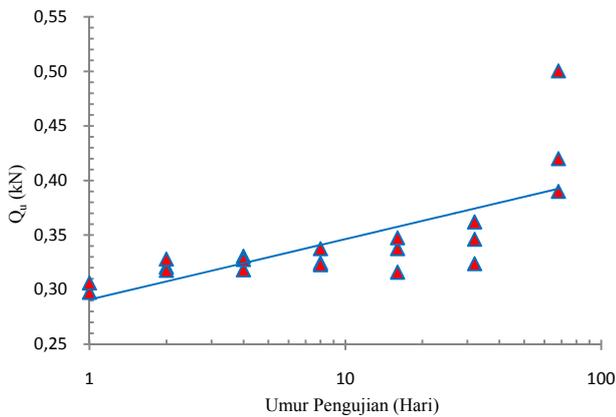
Gambar 3. Hasil Pengujian *Quality Control* Tanah

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa kadar air (w) dan kuat geser tanah (S_u) disetiap umur pemancangan tidak mengalami perubahan yang signifikan. Maka, dapat disimpulkan bahwa sampel tanah yang digunakan selama

penelitian ini berlangsung tidak mengalami gangguan atau perubahan sifat fisik dari tanah yang dapat berpengaruh terhadap peningkatan daya dukung pondasi.

3.2. Hasil Pengujian Pembebanan

Hasil pengujian pembebanan didapat 21 data kapasitas maksimum selama penelitian berlangsung (68 hari). Data diambil dari pengujian pembebanan pada umur 1 hari, 2 hari, 4 hari, 8 hari, 16 hari, 32 hari dan 68 hari. Disetiap umur pemancangan terdapat 3 sampel pondasi yang diuji.



Gambar 4. Hasil Pengujian Pembebanan

3.3. Hasil Perhitungan Manual Menggunakan Metode Statis

Hasil perhitungan menggunakan manual metode statis dengan menggunakan Metode alfa (α -method). Berikut perhitungan untuk pondasi PG01 dimana :

- $D = 0,023 \text{ m}$
- $L = 0,6 \text{ m}$
- $S_u = 4,5 \text{ kPa}$
- $s = 0,046 \text{ m}$
- $P_g = 4 \times (s + D) = 0,276 \text{ m}$
- $P = \pi D = 0,0723 \text{ m}$
- $A_g = (s + D)^2 = 0,00476 \text{ m}^2$
- $A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 0,000415 \text{ m}^2$

Kapasitas daya dukung aksial (Q_u) grup tiang PG01 didasarkan pada *Block Failure Mode* adalah sebagai berikut :

$$Q_u = (\alpha_u \cdot S_u \cdot P_g \cdot L) + (N_c \cdot S_u \cdot A_g) \dots\dots\dots (1)$$

$$= (1 \times 4,5 \times 0,276 \times 0,6) + (9 \times 4,5 \times 0,00476)$$

$$= 0,938 \text{ kN}$$

Jumlah kapasitas daya dukung aksial (Q_u) tiang tunggal PG01 berdasarkan *Single Failure Mode* adalah sebagai berikut:

$$Q_u = \Sigma (\alpha_u \cdot S_u \cdot P \cdot L) + (N_c \cdot S_u \cdot A_b) \dots\dots\dots (2)$$

$$= 4 \times (1 \times 4,5 \times 0,0723 \times 0,6) + (9 \times 4,5 \times 0,000415)$$

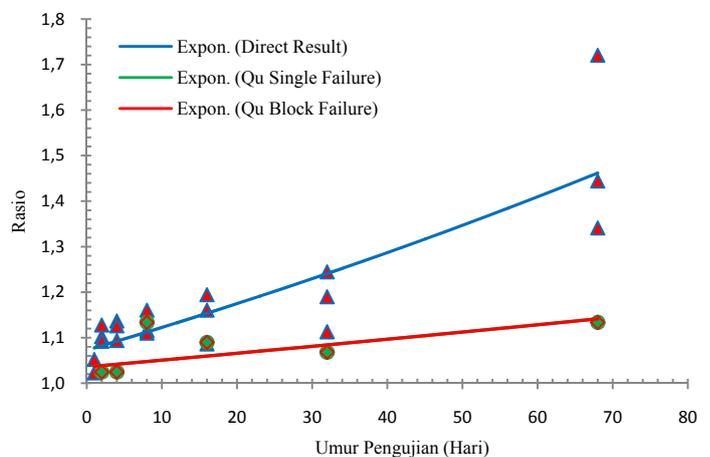
$$= 0,847 \text{ kN}$$

Tabel 1. Daya Dukung Aksial Menggunakan Metode Alfa (α -method)

Grup Pondasi	Su (kPa)	Qu Block Failure (kN)	Qu Single Failure (kN)
PG01	4.5	0.938	0.848
PG02	4.7	0.980	0.885
PG04	4.7	0.980	0.885
PG08	5.2	1.084	0.980
PG16	5	1.042	0.942
PG32	4.9	1.021	0.923
PG68	5.2	1.084	0.980
Rata-rata	4.88	1.018	0.920

3.4. Perbandingan Rasio Menggunakan Metode Statis

Perbandingan rasio menggunakan metode statis bertujuan untuk mengetahui perbandingan peningkatan hasil pengujian langsung dengan hasil perhitungan manual.



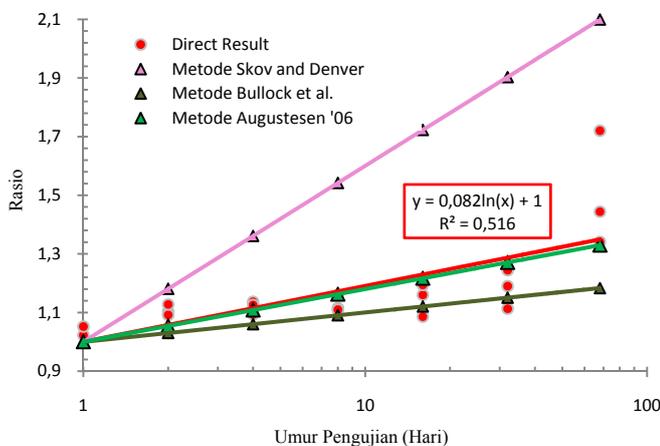
Gambar 5. Hasil Pengujian Pembebanan

Dari Gambar 5, dapat dilihat bahwa rasio peningkatan kapasitas daya dukung (Q_u) *direct result* lebih besar dibandingkan dengan menggunakan metode statis. Penelitian ini membuktikan bahwa peningkatan kapasitas daya dukung (Q_u) kelompok tiang dapat meningkat seiring dengan bertambahnya umur pemancangan dan tidak hanya dipengaruhi oleh perubahan kuat geser tanah (s_u) tetapi

karena adanya faktor lain yang merupakan faktor pemulihan dari struktur tanah lunak yang rusak pada saat proses pemancangan.

3.5. Perbandingan Peningkatan Kapasitas Aksial Terhadap Efek Waktu

Perbandingan peningkatan kapasitas aksial hasil pengujian pembebanan dengan hasil peningkatan kapasitas aksial berdasarkan faktor peningkatan (Δ_{10}) telah diusulkan oleh beberapa peneliti sebelumnya (Augusteen et al., 2006; Bullock et al., 2005; dan Skov dan Denver, 1988) bertujuan untuk mengetahui metode atau rumusan yang cocok digunakan untuk jenis tanah pesisir Sei Pakning.



Gambar 6. Rasio Peningkatan Kapasitas Dukung Terhadap Efek Waktu

Hasil pada Gambar 6 merupakan grafik rasio (Q_t/Q_0) versus umur pengujian dalam skala \log_{10} . Hasil menunjukkan perbedaan yang jauh dari peneliti sebelumnya yang menggunakan faktor peningkatan (Δ_{10}). Dan dari hasil *trendline* grafik dari Gambar 6. dapat dilihat bahwa hasil grafik *direct result* berhimpit dengan hasil *trendline* grafik peningkatan kapasitas dukung berdasarkan efek waktu yang dirumuskan oleh Augustesen et al dengan posisi garis *trendline* sedikit berada diatas garis *trendline* yang dirumuskan oleh Augustesen et al.

3.6. Faktor Peningkatan (Δ_{10}) Hasil Pengujian Pembebanan

Faktor peningkatan (Δ_{10}) hasil pengujian pembebanan didapatkan berdasarkan persamaan garis *trendline* pada Gambar 6.

Dengan menggunakan persamaan linier semi-logaritmik yang dibuat oleh Skov dan Denver (1988) dengan Q_t/Q_0 adalah rasio (r_t), maka menjadi :

$$r_t = 1 + \Delta_{10} \cdot \log_{10} \left(\frac{t}{t_0} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Dengan menggunakan perhitungan biasa melalui persamaan garis *trendline* pada Gambar 6. dan Persamaan (3), dapat diketahui faktor peningkatan (Δ_{10}) hasil pengujian pembebanan yaitu sebesar 0,188 dengan waktu referensi (t_0) 1 hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Kapasitas dukung ultimit (Q_{ult}) kelompok tiang memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap tenggang waktu atau umur pemancangan. Hal ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya kapasitas aksial kelompok tiang hingga rata-rata 50% pada akhir umur pemancangan (68 hari) dari kapasitas aksial kelompok tiang pada umur 1 hari.
- Pada penelitian sebelumnya seperti Skov dan Denver (1988), Bullock et al. (2005b), dan Augusteen et al. (2006) memiliki hasil grafik yang berbeda cukup jauh. Dan jika dibandingkan dengan hasil pengujian pada penelitian ini, hasil garis *trendline direct result* berhimpit dengan posisi sedikit diatas hasil garis *trendline* dengan menggunakan faktor peningkatan (Δ_{10}) yang dirumuskan oleh Augusteen et al. (2006).
- Besarnya faktor peningkatan (Δ_{10}) dari hasil pengujian pembebanan (*direct result*) adalah 0,188 yang sedikit lebih besar dari faktor peningkatan (Δ_{10}) yang dirumuskan oleh Augustesen yaitu sebesar 0,18.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainul. 2007. *Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal dihitung dengan Beberapa Metode Analisis*. Semarang: Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.
- Augustesen, Anders H . 2006. *The Effects of Time on Soil Behavior and Pile Capacity, DCE Thesis No.4*. Denmark: Aalborg University.
- Budhi, Muni. 2000. *Soil Mechanics & Foundation*. New York: John Wiley and Sons.
- Clausen and Aas. 2000. *Bearing capacity of driven piles – Piles in Clay. NGI report 525211-1*. Norwegian: Geotechnical Institute.
- Day, Robert W. 2006. *Foundation Engineering Handbook : Design and Construction With The 2006 International Building Code*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1999. *Tata Cara Pelaksanaan Pondasi Cerucut Kayu di Atas Tanah Lembek dan Tanah Gambut*. Jakarta: PT. Medisa.
- F.K., Chin. 1970, “*Estimation of The Ultimate Load of Piles From Test Not Carried to Failure*,” *Journal, ASCE*.
- M. Das, Braja. 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- M. Das, Braja. 1997. *Advanced Soil Mechanics (Second Edition)*. USA: Thomson.
- Svinkin, M.R., C.M. Morgano & M. Morvant. 1994. *Pile capacity as a function of time in clayey and sandy soils. Proc. Fifth Inter. Conf. and Exhibition on Piling and Deep Foundations, Bruges, 13-15 June: 1.11.1-1.11.8*. Rotterdam: Balkema.
- Tomlinson, M.J. 1971. *Some effect on Pile Driving on Skin Friction, Proceeding ICE Conference Behavior of Piles*. London: PP. 107-114.