

KAJIAN PENGARUH WAKTU TERHADAP DAYA DUKUNG TIANG PANCANG PADA TANAH LEMPUNG AKIBAT AGING

Diyah Setiawati¹⁾, Khansa Nuansa Oktofani¹⁾, Supriyadi¹⁾, Junaidi¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang, 50275

Email: setiawatidiyah@gmail.com, oktofani.khansa@gmail.com, junaiditspolines@gmail.com

ABSTRAK

Tiang pancang yang terletak di tanah lempung, pasir, atau kombinasi dari berbagai jenis tanah menunjukkan bahwa waktu memiliki pengaruh signifikan terhadap daya dukung, atau yang sering disebut sebagai set up. Set up disebabkan oleh dua efek yang berbeda yaitu pembuangan tekanan air pori berlebih karena pemancangan dan penuaan (aging). Aging menyebabkan kapasitas meningkat seiring waktu karena perubahan karakteristik kerangka tanah, perubahan interaksi antara tiang dan tanah, atau perubahan struktur pada tanah di sekitar tiang yang dipancang. ΔI_{10} adalah faktor yang memberikan peningkatan daya dukung. Pada rumus Skov dan Denver (1988) dan Bullock et al. (2005a, b), ΔI_{10} memiliki nilai yang konstan. Sedangkan Clausen dan Aas (2000) berpendapat bahwa set up bergantung pada sifat-sifat tanah khususnya indeks plastisitas (I_p) dan rasio overconsolidation (OCR). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis adanya hubungan antara waktu setelah pemancangan (t) terhadap daya dukung tiang (Q); membandingkan nilai faktor set up (ΔI_{10}) menggunakan rumus Skov dan Denver (1988), Bullock et al. (2005a,b), serta Clausen dan Aas (2000); dan menghitung kemungkinan alternatif nilai faktor set up (ΔI_{10}) baru yang lebih tepat. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode statistika dengan program Microsoft Excel dan SPSS berupa regresi linier, One-Way ANOVA, dan uji hipotesis. Pada akhirnya dapat dibuktikan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara waktu setelah pemancangan (t) terhadap daya dukung tiang (Q), di mana daya dukung tanah lempung terhadap tiang yang dipancang dapat meningkat seiring waktu. Fungsi waktu yang dikemukakan oleh Skov dan Denver (1988) serta Bullock et al. (2005a, b) memberikan kesesuaian yang lebih baik berdasarkan data yang tersedia, sedangkan model yang disarankan oleh Clausen dan Aas (2000) memberikan hasil yang paling tidak sesuai. Kemudian nilai $\Delta I_{10} = 0,24$ diprediksi menjadi alternatif nilai faktor set up baru yang lebih tepat berdasarkan kumpulan data pengujian di lapangan.

Kata kunci: Tiang pancang, waktu, daya dukung, set up.

PENDAHULUAN

Tiang pancang yang terletak di tanah lempung, pasir, atau kombinasi dari berbagai jenis tanah menunjukkan bahwa waktu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap daya dukungnya. Wendel (1900) mengatakan bahwa daya dukung tiang kayu yang terletak di tanah lempung terus meningkat selama dua hingga tiga minggu setelah pemancangan tiang. Fenomena ini dikenal sebagai set up. Titi (1999) dalam disertasinya yang berjudul *The Increase in Shaft Capacity with Time for Friction Piles Driven into Saturated Clay*,

menyebutkan bahwa daya dukung tanah lempung terhadap tiang yang dipancang dapat meningkat seiring jeda waktu yang ada. Menurut De Mello (1969), efek pemancangan yang akan terjadi ketika tiang pancang diinjeksikan ke tanah lempung adalah tanah akan kembali ke bentuk semula. Akan terjadi perubahan struktur parsial dari tanah di sekitar permukaan tiang, perubahan kondisi tegangan tanah di sekitar permukaan tiang, disipasi tekanan air pori yang berlebih yang dihasilkan dari tanah di sekitar permukaan tiang, dan kekuatan tanah akan kembali dari waktu ke waktu.

Skov dan Denver (1988) menggambarkan adanya hubungan antara waktu (t) dengan daya dukung (Q) dalam bentuk $Q_0 = Q \left(1 + \Delta_{10} \log_{10} \left(\frac{t_0}{t} \right) \right)$. Q_0 adalah daya dukung awal yang diukur pada waktu awal t_0 , sedangkan Δ_{10} adalah faktor yang memberikan peningkatan daya dukung. Nilai Δ_{10} untuk tiang pancang yang terletak di pasir, tanah lempung, dan kapur masing-masing adalah 0,2; 0,6; dan 5,0. Sejalan dengan itu, waktu awal (t_0) diasumsikan 0,5; 1,0; dan 5,0 hari. Svinkin dan Skov (2000) memberikan definisi alternatif Q_0 sebagai daya dukung setelah pemancangan dan menyarankan waktu awal $t_0 = 0,1$ hari. Berdasarkan uji dinamis dan statis yang dilakukan dalam periode 132 hari setelah pemancangan, diperoleh nilai Δ_{10} yang bervariasi yaitu antara 1,14 dan 3,50 untuk tiang pancang yang terletak di tanah lempung.

Bullock *et al.* (2005a, b) menyampaikan penemuan serupa dari kapasitas geser samping terhadap waktu untuk tiang beton yang dipancangan ke dalam berbagai jenis tanah dataran pantai di Florida. Nilai Δ_{10} yang diperoleh berkisar antar 0,12 hingga 0,32. Nilai Δ_{10} pada tanah lempung umumnya lebih tinggi dari pada di pasir, namun sebenarnya nilai Δ_{10} tidak bergantung secara signifikan pada sifat-sifat tanah dalam setiap kategori. Untuk tujuan perencanaan, Bullock *et al.* (2005b) merekomendasikan nilai $\Delta_{10} = 0,1$ ($t_0 = 1$ hari) untuk tiang pancang di tanah lempung jika memang tidak ada ketentuan khusus. Penelitian ini menganalisis hubungan antara waktu setelah pemancangan (t) terhadap daya dukung tiang (Q); membandingkan nilai faktor *set up* (Δ_{10}) menggunakan rumus Skov dan Denver (1988), Bullock *et al.* (2005a,b), serta Clausen dan Aas (2000); dan menghitung kemungkinan alternatif

nilai faktor *set up* (Δ_{10}) baru yang lebih tepat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada jembatan yang berada di ruas jalan provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Untuk sample penelitian tidak dilakukan diseluruh jembatan provinsi di DIY tetapi dibatasi 10 (sepuluh) jembatan yaitu: Jembatan Karangsemut, Jembatan Kronggahan 2, Jembatan Ngentak, Jembatan Demak Ijo, Jembatan Bedingin, Jembatan Besi, Jembatan Kembang Songo, Jembatan Denggung, Jembatan Kronggahan 1, dan Jembatan Cebongan.

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data menggunakan data sekunder. Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip, baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Data dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai uji pembebanan statis yang berasal dari data skripsi, tugas akhir, laporan proyek, jurnal, prosiding, dan literatur lainnya. Analisis penelitian ini menggunakan beberapa data pengujian daya dukung tiang pancang pada tanah lempung yang mencakup berbagai sifat tanah dan tiang pancang sehingga dapat digunakan untuk memastikan penerapan hasil secara umum, waktu antara pemancangan dengan pelaksanaan uji pembebanan statis, serta jumlah tes pada setiap tiang yang bervariasi. Kriteria-kriteria data tersebut beserta indikatornya dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1.
Kriteria Data

No.	Indikator	Kriteria Data
1	Jenis Tanah yang Dipancang	Lempung
2	Material Tiang Pancang	Beton
3	Metode Pengujian Tiang Pancang	Uji Pembebanan Statis
4	Jumlah Pengujian	Minimal x2 untuk Setiap Tiang Pancang
5	Waktu Pengujian Setelah Pemancangan	Tidak Ditentukan Secara Spesifik
6	Diameter, Tebal, Kemiringan, Kedalaman	Tidak Ditentukan Secara Spesifik
7	Data-data Lainnya	Ip, OCR, Suu, dll

Sedangkan data-data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari beberapa hasil penelitian seperti tercantum dalam daftar di bawah ini.

Tabel 2.
Sumber Data Sekunder

No	Sumber	Penulis	Jumlah Data
1.	Jurnal	Pratama dkk. (2018)	5
2.	Skripsi	Mufaniri (1995)	5
3.	Laporan Proyek	Karlsruud <i>et al.</i> (2014)	16
4.	Jurnal	Gwizdala <i>et al.</i> (2013)	1
5.	Jurnal	Kim <i>et al.</i> (2018)	12
6.	Prosiding	Kinnunen <i>et al.</i> (2016)	6
7.	Jurnal	Setiabudi dkk. (2018)	3
8.	Laporan Proyek	Wang <i>et al.</i> (1989)	2
9.	Jurnal	Rybak (2014)	1

Analisa Data

Mengkonversi Nilai Waktu Awal (T₀) Yang Bervariasi Menjadi Seragam

Rumus Skov dan Denver (1988) akan menjadi persamaan dasar bagi perhitungan waktu (t) dan daya dukung (Q). Nilai yang digunakan untuk $\Delta_{10} = 0,6$ untuk tanah lempung. Namun, karena data yang dikumpulkan menunjukkan bahwa sebagian besar pengujian tiang telah dilengkapi dengan nilai Δ_{10} , maka ketentuan tersebut hanya digunakan ketika tidak ada keterangan yang menunjukkan nilai Δ_{10} secara spesifik pada sebuah pengujian tiang. Skov dan Denver (1988) serta Bullock *et al.* (2005a, b) menggunakan referensi waktu $t_0 = 1$ hari. Namun dalam penelitian ini t_0 dipilih menjadi 100 hari, karena dengan memilih nilai t_0 yang kecil untuk tanah lempung maka akan dihasilkan nilai Q_0 yang kecil pula atau

bahkan menjadi nilai negatif untuk tiang pancang yang hanya diuji dua kali, sehingga $t_0 = 100$ hari dapat menghindari masalah tersebut.

Menghitung daya dukung awal (Q_0)

Selanjutnya menghitung nilai Q_0 dari setiap pengujian tiang berdasarkan daya dukung (Q) dan waktu (t) yang diperoleh dari data sebelumnya menggunakan persamaan di bawah ini.

$$Q_0 = Q \left(1 + \Delta_{10} \log_{10} \left(\frac{t_0}{t} \right) \right) \quad \dots (1)$$

Menguji linearitas antara waktu yang dinormalisasi (t) dan daya dukung yang dinormalisasi (Q)

Untuk menguji linearitas antara waktu (t) dan daya dukung (Q) seperti yang dinyatakan dalam persamaan dasar serta untuk membandingkan hasil dari kasus yang berbeda, versi normal dari Q dan t diselidiki dengan menempatkan

$$\left(\frac{Q_j}{Q_{0j}} - 1 \right) / \Delta_{10j} \text{ versus } \log_{10} \left(\frac{t}{t_0} \right) \quad \dots (2)$$

Keterangan :

Q_j : kapasitas yang diukur untuk tiang j pada waktu t setelah instalasi

Q_{0j} : kapasitas referensi untuk tiang j yang sesuai dengan waktu referensi ($t_0 = 100$ hari).

Selanjutnya grafik hasil yang diperoleh dari Excel divalidasi kembali dengan menggunakan analisis SPSS.

Nilai faktor set up (Δ_{10}) menggunakan rumus Skov dan Denver (1988), Bullock *et al.* (2005a, b), serta Clausen dan Aas (2000)

Tiga fungsi waktu yang ada telah dinilai kembali, yaitu model yang diusulkan oleh Skov dan Denver (1988), Bullock *et al.* (2005a, b), serta Clausen dan Aas (2000). Skov dan Denver (1988) merekomendasikan menggunakan $\Delta_{10} = 0,60$ untuk $t_0 = 1$ hari, sedangkan Bullock *et al.* (2005a, b) menyarankan

menggunakan $\Delta_{10} = 0,1$ dan $t_0 = 1$ hari. Terakhir, Clausen dan Aas (2000) mengatakan bahwa Δ_{10} yang menggambarkan efek jangka panjang adalah fungsi dari indeks plastisitas (I_p) dan *overconsolidation ratio* (OCR). Fungsi waktu, diusulkan oleh Skov dan Denver (1988), Bullock *et al.* (2005a, b) dan Clausen dan Aas (2000), dibandingkan dengan memeriksa residu yang diperoleh ketika menerapkan fungsi waktu masing-masing ke data yang tersedia.

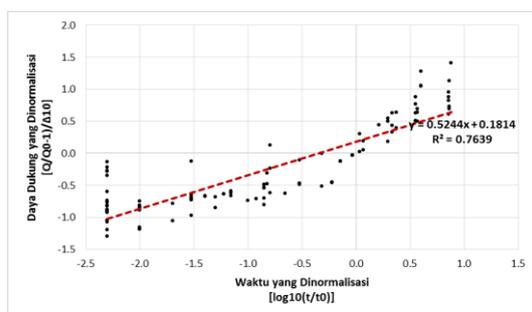
Menghitung Kemungkinan Alternatif Nilai Faktor Set Up (Δ_{10}) Baru Yang Lebih Tepat

Mengacu pada nilai-nilai Δ_{10j} yang diperoleh dengan cara ini, persamaan di atas menghasilkan sejumlah garis dengan nilai kemiringan tertentu. Pembuktian dilakukan dengan cara yang sama seperti sebelumnya yaitu memplot grafik hubungan antara residual dan waktu yang dinormalisasi. Pemeriksaan reliabilitas estimasi garis regresi dapat dilakukan dengan menguji hipotesis satu sisi menggunakan program SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara Waktu (t) dan Daya Dukung (Q)

Hubungan antara waktu (t) dan daya dukung (Q) adalah seperti pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Waktu (t) dan Daya Dukung (Q_0)

Gambar 1. menunjukkan bahwa setiap titik melambangkan satu daya dukung yang diukur berdasarkan waktu tertentu. Pertama-tama, seluruh data pengujian sebanyak 159 buah yang berasal dari 51 tiang pancang dimasukkan. Kemudian sebanyak 48 data ekstrim atau yang melenceng jauh dari garis regresi dieliminasi hingga menyisakan 111 data. Penyimpangan ini dapat terjadi karena adanya kemungkinan kesalahan menentukan pengukuran atau kesalahan *data entry*. Sebagai hasilnya, grafik yang terbentuk seperti pada Gambar 1 menunjukkan adanya hubungan yang positif antara waktu dengan daya dukung. Hal ini ditandai dengan adanya garis regresi yang bergerak ke arah kanan atas.

Nilai *R Square* (R^2) sebagai ukuran persentase kecocokkan model atau nilai yang menunjukkan seberapa besar variabel *independent* menjelaskan variabel *dependent* menghasilkan angka 0,7639 tersebut telah menunjukkan adanya hubungan yang kuat di mana kisaran nilai koefisien korelasi (R^2) adalah 0 hingga 1, dengan nilai antara yang lebih besar menyatakan korelasi yang lebih baik. Dalam kata lain, semakin mendekati nilai 1 berarti hubungan yang terjadi semakin kuat, begitu juga sebaliknya jika semakin mendekati nilai 0 maka hubungan yang terjadi semakin lemah.

Tabel 3.
Output Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.874 ^a	.764	.762	.317469

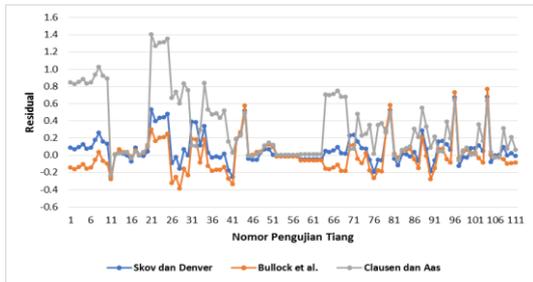
a. Predictors: (Constant), Waktu

Tabel 3 di atas merupakan *output Model Summary* dan nilai *R Square* yang tercantum di SPSS sama dengan nilai yang dihasilkan di Excel yaitu 0,764. Kedua analisis menunjukkan hasil yang valid, sehingga dapat dibuktikan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara

waktu setelah pemancangan (t) terhadap daya dukung tiang (Q).

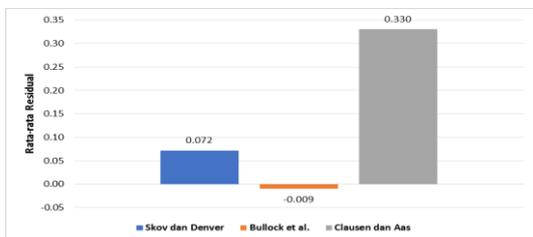
Perbandingan Nilai Faktor *Set up* (Δ_{10}) Menggunakan Rumus Skov dan Denver (1988), Bullock *et al.* (2005 a, b), serta Clausen dan Aas (2000)

Perbandingan nilai faktor *set up* dari ketiga rumus tersebut adalah seperti pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Residual Rumus Skov dan Denver, Bullock *et al.*, serta Clausen dan Aas

Gambar 2 memperlihatkan bahwa residual masing-masing rumus yang telah dihitung menggunakan metode pada pembahasan sebelumnya diplot ke dalam satu grafik untuk dibandingkan. Namun jika hanya dilihat secara visual, gambar tersebut cenderung sulit untuk dianalisis karena bentuk grafik yang tidak teratur. Oleh karena itu, dicoba dengan menggunakan alternatif lain berupa histogram seperti pada Gambar 3 di bawah ini.



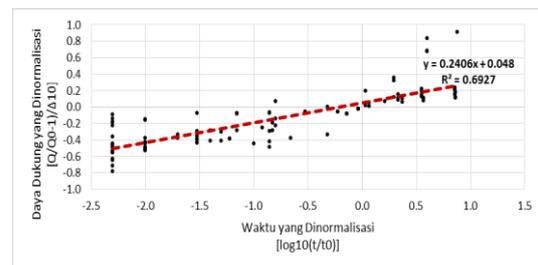
Gambar 3. Grafik Perbandingan Rata-rata Rumus Skov dan Denver, Bullock *et al.*, serta Clausen dan Aas

Dari Gambar 3 tersebut ditunjukkan rata-rata residual dari masing-masing rumus dan nilai baru. Secara visual sudah dapat dibandingkan bahwa hasil yang relatif sama akan

diperoleh jika menggunakan rumus Skov dan Denver dan Bullock *et al.*. Sedangkan rumus Clausen dan Aas memberikan nilai yang menyimpang jauh dari dua rumus lainnya.

Kemungkinan Alternatif Nilai Faktor *Set up* (Δ_{10}) Baru yang Lebih Tepat

Hubungan daya dukung dengan waktu yang dinormalisasi untuk nilai Δ_{10} baru adalah seperti Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Hubungan Daya Dukung dengan Waktu yang dinormalisasi untuk nilai Δ_{10} baru

$$Y = a + bX$$

di mana:

Y: variabel *response* atau variabel akibat (*dependent*)

X : variabel *predictor* atau variabel faktor penyebab (*independent*)

a : konstanta

b : koefisien regresi (kemiringan), besaran *response* yang ditimbulkan oleh *predictor*

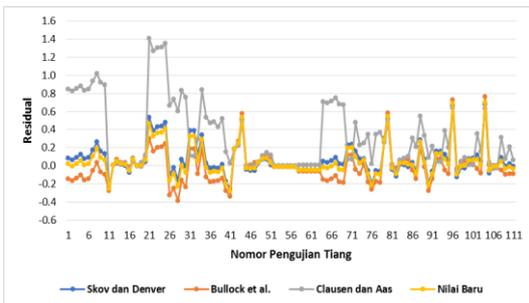
Sesuai dengan persamaan regresi linier sederhana tersebut, grafik di Gambar 4 menghasilkan persamaan $y = 0,2406x + 0,048$. Kemiringan garis menggambarkan Δ_{10} yang berdasarkan keterangan di atas mempunyai nilai 0,24. Oleh karena itu, nilai $\Delta_{10} = 0,24$ diprediksi menjadi alternatif nilai faktor *set up* baru yang lebih tepat berdasarkan kumpulan data pengujian di lapangan. Pada Tabel 3 di *output Coefficients*, terlihat bahwa *Sig.* pada *Contant* (konstanta) dan Waktu masing-masing bernilai 0,023 dan 0,000 di mana $\alpha < 0,05$. Artinya H_0 ditolak dan H_a diterima,

bahwa ada pengaruh nilai koefisien X dan konstanta terhadap persamaan Y. Sekali lagi terbukti jika nilai $\Delta_{10} = 0,24$ diprediksi menjadi alternatif nilai faktor *set up* baru yang lebih tepat berdasarkan kumpulan data pengujian di lapangan.

Tabel 4.
Output Coefficients

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
1 (Constant)	.048	.021			2.313	.023
Waktu	.241	.015	.832		15.674	.000

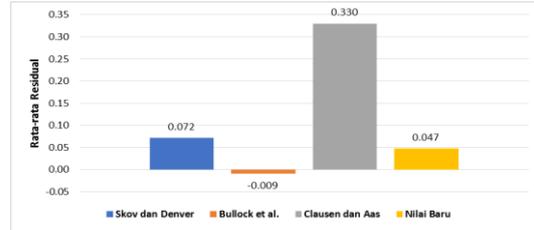
a. Dependent Variable: Daya Dukung



Gambar 5. Perbandingan Residual Rumus Skov dan Denver, Bullock et al., Clausen dan Aas, serta Nilai Baru

Gambar 5 memperlihatkan residual masing-masing rumus yang telah dihitung menggunakan metode pada pembahasan sebelumnya diplot ke dalam satu grafik untuk dibandingkan. Jika dilihat secara visual, gambar tersebut cenderung sulit untuk dianalisis karena bentuk grafik yang tidak teratur. Oleh karena itu, dicoba dengan menggunakan alternatif lain berupa histogram seperti pada gambar 6 di bawah. Gambar 6 menunjukkan rata-rata residual dari masing-masing rumus dan nilai baru.

Secara visual sudah dapat dibandingkan bahwa hasil yang relatif sama akan diperoleh jika menggunakan rumus Skov dan Denver, Bullock *et al.*, dan nilai baru. Sedangkan rumus Clausen dan Aas memberikan nilai yang menyimpang jauh dari tiga rumus lainnya.



Gambar 6. Perbandingan Rata-rata Rumus Skov dan Denver, Bullock et al. Clausen dan Aas, serta Nilai Baru

Tabel 5.
Output Multiple Comparisons

Dependent Variable: Residual						
LSD						
(I) Rumus	(J) Rumus	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Skov dan Denver	Bullock et al.	-.081362*	.032873	.014	-.1675	-.14597
Denver	Clausen dan Aas	-.258273*	.032873	.000	-.32288	-.19367
	Nilai Baru	-.024409	.032873	.458	-.04020	.08902
Bullock et al.	Skov dan Denver	-.081362*	.032873	.014	-.14597	-.01675
	Clausen dan Aas	-.339635*	.032873	.000	-.40424	-.27503
	Nilai Baru	-.056953	.032873	.084	-.12156	.00765
Clausen dan Aas	Skov dan Denver	-.258273*	.032873	.000	-.19367	-.32288
	Bullock et al.	-.339635*	.032873	.000	-.27503	-.40424
	Nilai Baru	-.282681*	.032873	.000	-.21807	-.34729
Nilai Baru	Skov dan Denver	-.024409	.032873	.458	-.08902	.04020
	Bullock et al.	-.056953	.032873	.084	-.00765	.12156
	Clausen dan Aas	-.282681*	.032873	.000	-.34729	-.21807

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Tabel 5. pada *output Multiple Comparisons* di atas, kolom *Sig. (Significance)* mampu menunjukkan adanya perbandingan antara satu rumus dengan rumus lainnya secara lebih detail. Jika nilai $Sig. < \alpha = 0,05$ maka H_0 ditolak dan dianggap BEDA, jika nilai $Sig. > \alpha = 0,05$ maka H_0 diterima dan dianggap SAMA. Penjelasan yang lebih mudah dapat dilakukan dengan penyajian dalam bentuk seperti pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6.

Output Perbandingan Rumus Skov dan Denver, Bullock *et al.*, Clausen dan Aas, serta Nilai Baru

	Skov dan Denver	Bullock et al.	Clausen dan Aas	Nilai Baru
Skov dan Denver	-	BEDA	BEDA	SAMA
Bullock et al.	BEDA	-	BEDA	SAMA
Clausen dan Aas	BEDA	BEDA	-	BEDA
Nilai Baru	SAMA	SAMA	BEDA	-

Dari Tabel 5 juga dapat dinyatakan bahwa fungsi waktu yang dikemukakan oleh Skov dan Denver (1988), Bullock *et al.*, serta nilai baru memberikan kesesuaian yang lebih baik berdasarkan data yang tersedia karena terdapat minimal terdapat satu pasangan yang

sama dengan nilai masing-masing *Sig.* 0,458 dan 0,084. Sedangkan model yang disarankan oleh Clausen dan Aas (2000) memberikan hasil yang paling tidak sesuai karena semua pasangan menunjukkan hasil yang berbeda.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara waktu setelah pemancangan (*t*) terhadap daya dukung tiang (*Q*), di mana daya dukung tanah lempung terhadap tiang yang dipancang dapat meningkat seiring waktu. Fungsi waktu yang dikemukakan oleh Skov dan Denver (1988) serta Bullock *et al.* (2005a, b) memberikan kesesuaian yang lebih baik berdasarkan data yang tersedia, sedangkan model yang disarankan oleh Clausen dan Aas (2000) memberikan hasil yang paling tidak sesuai. Nilai $\Delta_{10} = 0,24$ diprediksi menjadi alternatif nilai faktor *set up* baru yang lebih tepat berdasarkan kumpulan data pengujian di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada beberapa penulis artikel ilmiah yang data-datanya kami gunakan dalam penelitian ini, yaitu Pratama dkk. (2018), Mufaniri (1995), Karlsrud *et al.* (2014), Gwizdala *et al.* (2013), Kim *et al.* (2018), Kinnunen *et al.* (2016), Setiabudi dkk. (2018), Wang *et al.* (1989), serta Rybak (2014).

DAFTAR PUSTAKA

Bullock, P.J., Schmertmann, J.H., McVay, M.C., and Townsend, F.C. (2005a). *Side Shear Setup. I: Test Piles Driven in Florida.* Journal of Geotechnical and

Geoenvironmental Engineering, 131(3), pp. 292-300

Bullock, P.J., Schmertmann, J.H., McVay, M.C., and Townsend, F.C. (2005b). *Side Shear Setup. II: Results from Florida Test Piles.* Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 131(3), pp. 301-310

Clausen, C.J.F. and Aas, P.M. (2000). *Bearing Capacity of Driven Piles in Clays*, NGI-report, Norwegian: Norwegian Geotechnical Institute

De Mello, V. F. B. (1969). *Foundations of Buildings on Clay, State of the Art Report*, Proc. VII ICSMFE, Vol. 1, pp. 49-136

Gwizdala, Kazimierz and Pawel Wieclawski. (2013). *Influence of Time on The Bearing Capacity of Precast Piles*, Gdansk University of Technology

Karlsrud *et al.* (2014). *Time Effects on Pile Capacity Document (Summary and Evaluation of Pile Test Results) Joint Industry Project*, NGI Publication

Kinnunen, J. et al. (2016). *Time-Related Increase in Bearing Resistance of Friction Piles*, Nordic Geotechnic NGM 2016 Reykjavik Proceedings of the 17th Nordic Geotechnical Meeting Challenges in Nordic Geotechnic 25th – 28th of May

Mufaniri. (1995). *Studi Komparasi Hasil Pengujian Daya Dukung Tiang antara Loading Test dengan Pile Driving Analyzer*, hlm.42-55. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Pratama, Gerraldi dkk. (2018). *Studi Perubahan Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap Waktu Berdasarkan Uji Pembebanan*

- Statis dan Dinamis*. Program Studi Sarjana Teknik Sipil. Jakarta: Universitas Tarumanagara.
- Rybak, Jaroslaw and Joanna M. Pieczynska-Kozlowska. (2014). *Vibration Monitoring as a Tool for a Calibration of Geotechnical Technologies*. 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2014 at: Albena, Bulgaria, Volume 2
- Setiabudi, David W., dkk. (2018). *Excess Pore Pressure Generated by Pile Driving using Numerical Method and Soil Setup Prediction in Clay*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 9, Issue 12, ISSN 2229-5518
- Skov, R. and Denver, H. (1988). *Time-dependence of Bearing Capacity of Piles*. Proc. 3rd international conference on the application of stress-wave theory to piles, Ottawa, Canada, (Ed. Fellenius, B.H.), pp.879-888
- Svinkin, M.R. and Skov, R. (2000). *Setup Effect of Cohesive Soils in Pile Capacity*. Proc. 6th International Conference on the Application of stress wave theory to piles, (Eds. Niyama, S. and Beim, J.), Sao Paolo, Brazil, pp.107-112
- Titi, Hani H., and Wathugala, G. Wije. (1999). *Numerical Procedure for Predicting Pile Capacity – Setup/ Freeze*. Transportation Research Record 1663, Paper No. 99-0942, pp. 25-32
- Wang, Shin-Tower, Reese, Lymon C. (1989). *Predictions of Response of Piles to Axial Loading, Predicted and Observed Axial Behavior of Piles*. Geotechnical Special Publication No. 23, ASCE, pp. 173-187.
- Wendel, E. (1900). *On the Test Loading of Piles and Its Application to Foundation Problems in Gothenburg*. Tekniska Samf. Goteberg handl., No.7, pp.3-62.