

RASIO DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN HASIL KALENDERING

Oleh :

Hikmad Lukman

ABSTRAK

Pondasi tiang (*pile foundation*) termasuk jenis pondasi dalam, umumnya ujung tiang diletakkan sampai menenbus tanah keras, kriteria tanah keras pada saat penyelidikan tanah dimaknai oleh tegangan konus hasil Sondir sebesar 200 kg/cm² atau nilai N SPT 50x/30 cm.

Pada saat akhir pemancangan pondasi tiang, dilakukan pengukuran Kalendering (*Final Set*), yaitu besarnya penurunan tiang untuk pukulan hammer sebanyak 10 x pukulan. Nilai hasil kalendering mungkin kecil, nilai daya dukung tiang batas (*ultimate*) semangkin besar. Besarnya daya dukung batas tiang dapat dicari menggunakan beberapa rumus dinamis, hasilnya dibagi dengan nilai faktor keamanan akan mendapatkan daya dukung ijin tiang. Pada pembangunan proyek Icon City Jalan Raya Boulevard Deltamas No. 189 Jayamukti, Cikarang Pusat, Bekasi, digunakan tiang pancang persegi 25x25 mutu Beton K450 sedalam 8 - 11 m dengan kapasitas daya dukung ijin perencanaan sebesar 40 ton. Alat pancang/palu yang digunakan berupa drop hammer seberat 1,8 ton dengan tinggi jatuh setinggi 1 m. Berdasarkan hasil pemancangan menggunakan mesin drop hammer bernomor M01 diperoleh nilai kalendering yang berbeda-beda, yaitu sebesar 3 - 8 mm/10x pukulan. Perhitungan Daya dukung ijin dinamis dipilih menggunakan beberapa rumus, yaitu: Hilley, ENR, dan rumus WIKA. Berdasarkan ketiga rumus tersebut, diperoleh nilai terbesar dari rumus WIKA, kemudian rumus ENR dan nilai terkecil diperoleh dari rumus Hilley. Tampilan grafik yang diperoleh didasarkan pada rasio daya dukung tiang, yaitu perbandingan antara daya dukung ijin tiang dinamis terhadap daya dukung ijin perencanaan, $Q_i.d/Q_i$. Rasio terbesar diperoleh dari rumus WIKA, nilai menengah berasal dari rumus ENR, dan nilai terkecil menggunakan rumus Hilley. Berdasarkan penelitian ini disimpulkan bahwa, daya dukung ijin tiang dinamis berdasarkan rumus ENR lebih cocok digunakan untuk membandingkan dengan daya dukung tiang hasil perencanaan.

Kata kunci : *Drop Hammer, Kalendering/Final Set, rasio daya dukung ijin dinamik.*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penentuan besarnya daya dukung pondasi tiang diawali pada saat perencanaan, kemudian dilanjutkan pada saat pemancangan dan diakhiri pada saat setelah pemancangan. Pada saat perencanaan, besarnya daya dukung ijin didasarkan pada rumus – rumus statis berdasarkan parameter tanah hasil percobaan di laboratorium, sementara pada saat tiang dimasukkan dengan cara dinamis, diperoleh daya dukung dinamik. Pada akhirnya besarnya daya dukung pondasi tiang diperoleh dari hasil loading test atau menggunakan PDA test.

Besarnya daya dukung tiang pada saat pemancangan diperoleh dari hasil kalendering berupa final set (penetrasi, mm/10x), mungkin kecil nilai final set, mungkin besar nilai daya dukung dinamik.

Rumus dinamik yang banyak digunakan adalah rumus: Hilley, ENR, Janbu, Kobe, Wika dan lain-lain. Mesin pancang yang digunakan adalah drop hammer dan diesel hammer (*single acting, double acting hammer dan differential hammer*) dan sekarang banyak digunakan adalah jenis hidrolik hammer.

Pada pembangunan proyek Icon City, tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang *mini pile* dengan ukuran 25x25, untuk meminimalis dana dalam pelaksanaan pemancangan tiang alat yang digunakan yaitu *Drop Hammer*.

1.2. Maksud dan Tujuan

Penelitian ini adalah melanjutkan dan melengkapi hasil dari pembuatan tugas Akhir Saudara R. Ridwan Pratama berjudul “Analisa kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil Data Kalendering” :

Maksudnya adalah melanjutkan dan melengkapi analisis pembahasan Analisa kapasitas daya dukung tiang dinamik pada saat akhir pemancangan menggunakan beberapa rumus dinamis.

Tujuan penelitian adalah mendapatkan rumus dinamis mana yang cocok dengan besarnya daya dukung ijin tiang hasil perencanaan.

1.3. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

1. Menggunakan sebagian perhitungan daya dukung tiang pancang dari hasil kalendering Tugas Akhir saudara R. Ridwan menggunakan 3 rumus, yaitu: rumus Hilley, rumus ENR dan rumus dari WKA,
2. Data yang digunakan adalah data olahan hasil kalendering proyek Icon City menggunakan drop hammer mesin M01.

1.4. Metodologi Penelitian

Metode penulisan yang dilakukan adalah:

1. Melakukan Studi Pustaka (*Library Research*), yaitu mengumpulkan teori/literature dari buku pustaka, Journal penelitian sejenis dan referensi lainnya yang berhubungan dengan judul penelitian.
2. Mengolah data-data hasil kalendering yang didapatkan dari proyek Icon, City.

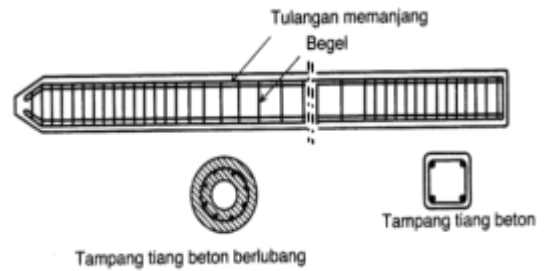
2. TINJAUAN UMUM

2.1. Tinjauan Umum

Pondasi tiang pancang termasuk pondasi dalam yang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. pondasi tiang pancang berfungsi untuk memindahkan atau mentrasferkan beban-beban yang berada di atasnya (*super structure*) kelapisan tanah yang lebih dalam. Daya dukung ijin tiang pada umumnya berasal dari daya dukung ujung tiang dan daya dukung sepanjang sisi tiang.

2.2. Bahan Pondasi Tiang Pancang

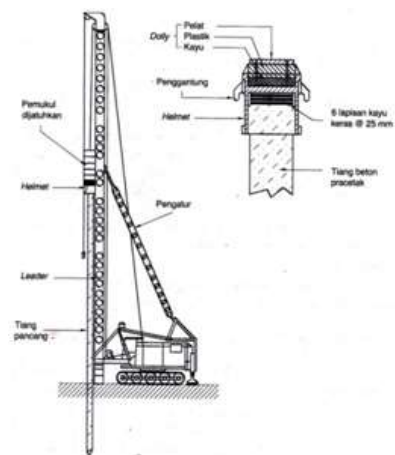
Bahan pondasi berupa: Tiang Pancang Kayu, Tiang Beton Pracetak (*Precast Concrete Pile*), Tiang Pancang cor langsung di Tempat (*Cast In Place Pile*), Tiang Pancang Baja (*Steel Pile*) Tiang Pancang Komposit (*Composite Pile*). Bentuk tiang pancang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tiang Beton Pracetak

2.3. Alat Pancang Tiang

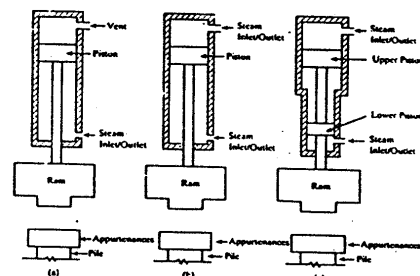
Mesin alat pancang seperti pada Gambar 2. terdiri dari: 1. Pemukul (hammer), 2. Leader (truck untuk Bergeraknya pemukul ke atas dan ke bawah), 3. Kabel/tali, 4. Mesin Uap (Untuk menggerakkan pemukul pada *single* atau *double acting steam hammer*).



Gambar 2. Alat Pancang

Jenis pemukul/palu/hammer yang sering digunakan adalah:

Pemukul Jatuh (*drop hammer*), Pemukul Aksi Tunggal (*single-acting hammer*) Pemukul Aksi Dobel (*double-acting hammer*), (*differential-acting hammer*), Pemukul Diesel (*diesel hammer*) dan Pemukul Diesel (*diesel hammer*). Contoh alat drop hammer pada Gambar 3.

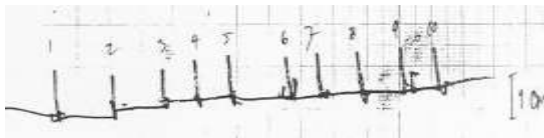


Gambar 3. Drop Hammer (single acting, double acting & differential hammer)

2.4. Kalendering

Hasil kalendering digunakan pada pemancangan tiang pancang untuk mengetahui daya dukung tanah secara empiris melalui perhitungan yang dihasilkan oleh proses pemukulan alat pancang.

Alat yang digunakan pada saat pelaksanaan kalendering adalah: spidol, kertas milimeter, selotip dan kayu pengarah spidol agar selalu pada posisinya. Pengambilan data kalendering dilakukan pada saat tiang mencapai tanah keras. Besarnya penetrasi atau penurunan diambil untuk 10 x pukulan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Kalendering (*final Set*)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kondisi Umum Proyek

Nama Proyek : Proyek Ruko Icon City mulai dibangun pada Tahun 2015, berlokasi di Jl. Raya Boulevard Deltamas No. 189 Jayamukti, Cikarang Pusat, Bekasi . Pemilik Proyek :PT. Mutiara Mitra Group dengan luas Proyek 50.000 m²

3.2. Struktur Bangunan

Proyek ruko Icon City merupakan bangunan yang terdiri dari 5 lantai dengan ketinggian total 15,64 m. Jenis pondasi adalah pondasi tiang pancang mini pile 25x25.

3.3. Struktur Pondasi Tiang Pancang & Alat Pancang (Drop Hammer)

Panjang Tiang Pancang 12 m. Mutu Baja Tiang Pancang: tulangan ulir, $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$ dan tulangan P polos $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ Mutu Beton Tiang Pancang : K-450 = $450 \times 0,083 = 37,35 \text{ Mpa}$.

Modulus Elastisitas tiang (E_p) : $4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{37,35} = 28.723,88379 \text{ Mpa} = 2.872.388.379 \text{ Kg/m}^2$. Berat tiang pancang/ m' = $150 \text{ Kg/m}'$

Berat Hammer : 1,8 ton = 1800 Kg, tinggi jatuh hammer : 1 m

Berat cap 200 Kg dan tebal cap 75 mm

3.4. Data Hasil Kalendering

Mesin pancang di lapangan menggunakan 5 mesin pancang, sementara untuk penelitian ini hanya diambil dari hasil kalendering mesin pancang M01. Pengambilan data kalendering dilakukan pada saat tiang mencapai tanah keras, penetrasi atau penurunan tiang lebih kecil dari 1 cm/10 pukulan (*final set*) dan rebound hammer sudah terlihat tinggi.

4. ANALISA KAPASITAS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN HASIL KALENDERING.

4.1. Rumus Daya Dukung

a. Hiley (1930)

$$Q_u = \frac{e_h W_r h}{s + 1/2(k_1 + k_2 + k_3)} \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p}$$

Dimana:

Q_u = kapasitas tiang ultimit

e_h = efisiensi pemukul (*hammer efficiency*), Tabel 1.

W_r = berat ram (untuk pemukul aksi Dobel termasuk berat casing) (kg)

h = tinggi jatuh pemukul (m)

n = koefisien restitusi, Tabel 2.

s = penetrasi per pukulan (m)

k_1 = kompresi elastis blok penutup (*capblock*) dan *pile cap*, Tabel 3.

k_2 = kompresi elastis tiang, $Q_u L / AE$ (m)

k_3 = kompresi elastis tanah (m), 0,1” sampai 0,2” (2,5 mm sampai 5 mm) untuk tanah-tanah yang lain

W_p = berat tiang termasuk berat penutup tiang (*pile cap*), *driving shoe* dan blok penutup (*cap block*) (kg).

$F = 4$

Tabel 1. Nilai Efisiensi e_h

Type	Efisiensi (e_h)
Pemukul Jatuh (Drop Hammer)	0,75 – 1
Pemukul Aksi Tunggal (Single Acting Hammer)	0,75 – 0,85
Pemukul Aksi Doble (Double Acting Hammer)	0,85
Pemukul Diesel (Diesel Hammer)	0,85 – 1,0

Tabel 2. Koefisien Restitusi, n (ASCE,1941)

Material	n
Broomed wood	0
Tiang kayu padat pada tiang baja	0,25
Bentolan kayu padat pada tiang	0,32
Bentolan kayu pada alas tiang	0,40
Lantasan baja pada baja (steel on steel anvil) pada tiang baja atau beton	0,50
Pemukul besi cor pada tiang beton tanpa penutup (cap)	0,40

Tabel 3. Nilai-nilai k_1 (Chellis, 1961)

Bahan Tiang	Nilai-nilai k_1 (mm), untuk tegangan akibat pukulan pemancangan di kepala tiang			
	3,5 Mpa	7,0 Mpa	10,5 Mpa	14 Mpa
Tiang baja atau pipa berongga pada kepala tiang	0	0	0	0
Tiang kayu langrang pada kepala tiang	1,3	2,5	3,8	5
Tiang beton pracetak dengan 75-100 mm bantalan di dalam cap	3	6	9	12,5
Baja terbalik cap yang berisi bantalan kayu untuk tiang baja H atau tiang pipa	1	2	3	4
Pirangin fiber 5 mm di antara dua pelat baja 10 mm	0,5	1	1,5	2

b. Engineering News-Records (ENR)

Rumus ENR didasarkan pada penggunaan satu faktor kehilangan energi saja dan dengan mengambil faktor $e_h = 1$, untuk *drop hammer*:

$$Q_u = \frac{e_h W_r h (W_r + n^2 W_p)}{(s + 0,25)(W_r + W_p)}$$

Dimana:

Q_u = kapasitas tiang ultimit

W_r = berat ram (untuk pemukul aksi dobel termasuk berat casing) (kg)

h = tinggi jatuh pemukul (cm)

s = final set untuk cm/1x pukulan

Faktor aman, $F = 6$.

c. Wijaya Karya (WIKA)

$$R_u = \frac{2WH W + e^2 P}{S + K W + P}$$

R_u = Kapasitas daya dukung batas tiang (kg)

W = Berat palu atau ram (kg)

P = Berat tiang pancang (kg)

H = Tinggi jatuh palu atau ram

S = Penetrasi per blow (m)

K = Rebound (m)

e = koefisien restitusi (0,25)

SF = Faktor aman (3-4)

d. Pacific Coast Uniform Building Code (PCUBC)

$$Q_u = \frac{e_h E_h C_1}{s + C_2} \quad (\text{faktor aman, } F = 4)$$

Q_u = kapasitas tiang ultimit

e_h = efisiensi pemukul (*hammer efficiency*)

E_h = besaran energi pemukul (m kg)

s = penetrasi per pukulan (m)

$$C_1 = \frac{W_r + kW_p}{W_r + W_p}$$

W_r = berat ram (untuk pemukul aksi dobel termasuk berat casing) (kg)

W_p = berat tiang termasuk berat penutup tiang (*pile cap*), *driving shoe* dan blok penutup (*cap block*) (juga termasuk *anvil* untuk pemukul uap aksi dobel)

$$C_2 = \frac{Q_u L}{AE}$$

L = panjang tiang (m)

A = luas tiang (m^2)

E = modulus elastis bahan tiang (kg/m^2)

$K = 0,25$ untuk tiang baja,

$= 0,10$ untuk tiang yang lain

4.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang

Untuk perhitungan daya dukung batas dinamis pada pembahasan ini hanya menggunakan 3 rumus, yaitu: rumus Hilley, rumus ENR dan Rumus WIKA.

Untuk contoh perhitungan diambil tiang No. Tiang 79 Mesin 01 (R. Ridwan).

Tiang terangkat (m)	Tiang tertanam (m)	Final set cm/10Pukulan			Rebound (cm)
		I	II	III	
12	11,1	1	0,8	0,6	0,8

Sumber : R. Ridwan, 2016

Panjang Tiang Tertanam: 11,1 m

Final set (s): 6 mm/10 Pukulan: 0,0006 m/Pukulan

Berat Tiang: 11,1 m x 150 Kg/m = 1.665 Kg

Berat Tiang+Cap (W_p): 1.665+200= 1.865 Kg

Efisiensi pemukul (e_h) : 0,75-1 (Tabel 1)

Koefisien restitusi (n) : 0,50 (Tabel 2)

1. Rumus Hilley (1930)

Faktor keamanan: 4

Mencari besarnya nilai k_1 untuk tiang beton pracetak dengan 75-100 mm bantalan di dalam cap (Tabel 3)

tegangan akibat pukulan pemancangan

$$\begin{aligned} &= \frac{Q_u}{A_s} = \frac{40.000}{0,0625} \\ &= 640.000 \text{ Kg/m}^2 = \\ &= 6.400.000 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$= \frac{6.400.000}{1.000.000} = 6,4 \text{ N/mm}^2 = 6,4 \text{ MPa}$$

k_1 untuk 6,4 Mpa sebesar 5,4848 mm

$k_3 = 2,5 \text{ mm} = 0,0025 \text{ m}$

$k_2 = Q_u L/AE = 0,0025 \text{ m}$

$$Q_u = \left[\frac{1350}{0,0006 + \frac{1}{2}(0,0101)} \right] \left[\frac{2.266,25}{3.665} \right]$$

$$Q_u = \left[\frac{1350}{0,0056} \right] \left[\frac{2.266,25}{3.665} \right]$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{F} = 149.066 \text{ kg}/4 = 37.266 \text{ kg.}$$

$$Q_{all}(37.266\text{Kg}) < Q_{all} \text{ rencana } (40.000 \text{ Kg})$$

2. Rumus ENR

Faktor keamanan : 6

$$Q_u = \frac{e_h W_r h (W_r + n^2 W_p)}{(s + 0,25)(W_r + W_p)}$$

$$Q_u = \frac{e_h W_r h (W_r + n^2 W_p)}{[(s + 0,25)(W_r + W_p)]}$$

$$= \left[\frac{0,75 \times 1.800 \times 100 (1.800 + 0,5^2 \times 1.865)}{[(0,06 + 0,25)(1.800 + 1.865)]} \right]$$

$$Q_u = \left[\frac{305.943.750}{[1.136,15]} \right]$$

$$Q_u = 269.281 \text{ Kg}$$

$$Q_{\text{all}} = \frac{Q_u}{F} = 269.281/6 = 44.880 \text{ kg.}$$

$$Q_{\text{all}} (44.880 \text{ Kg}) > Q_{\text{all}} \text{ rencana } (40.000 \text{ Kg})$$

3. Rumus WIKA.

Rata-rata rebound (K) : 0,8 cm = 0,008 m

Koefisien restitusi (e) : 0,25

Faktor keamanan (SF) : 4

$$R_u = \frac{2WH W + e^2 P}{S + K \quad W + P}$$

$$= \left[\frac{2 \times 1.800 \times 1}{0,0006 + 0,008} \right] \left[\frac{1.800 + 0,25^2 \times 1.665}{1.800 + 1.665} \right]$$

$$R_u = \left[\frac{3.600}{0,0086} \right] \left[\frac{1.904,062}{3.465} \right]$$

$$R_u = 230.028 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{all}} = \frac{Q_u}{SF} = 230.028/4 = 57.507 \text{ kg.}$$

$$Q_{\text{all}} (57.507 \text{ Kg}) > Q_{\text{all}} (40.000 \text{ Kg})$$

Berdasarkan hasil pemancangan mesin M01 sebanyak 156 tiang, dengan kedalaman tiang tertanam (6 – 11,5 m) dengan berbagai harga kalendering (s = 3 – 8 mm/10x) maka diperoleh nilai daya dukung tiang ijin yang bervariasi untuk ke tiga rumus dinamis.

Berdasarkan hasil identifikasi data kalendering, maka: dari sejumlah tiang terpancang, dapat dirinci jumlah tiang sesuai dengan besaran final set seperti pada Tabel 4. Terbanyak final set, s = 4 mm/10x pukulan dengan jumlah 83 tiang, kemudian s = 5 mm/10x pukulan dengan jumlah 61 tiang.

Tabel 4. Jumlah Tiang terhadap Final Set

No.	Final set, s (mm/10x)	Jmh tiang
1	8	1
2	7	2
3	6	8
4	5	61
5	4	83
6	3	1

Dari hasil pengolahan data kalendering menjadi besaran daya dukung ijin tiang dinamis (Qi.d) kemudian dibandingkan

dengan besarnya daya dukung ijin hasil perencanaan (Qi) untuk mendapatkan rasio daya dukung, Qi.d/Qi, kemudian untuk final set yang sama dikumpulkan seperti untuk s = 6, 5 dan 4 mm/10x untuk ke 3 rumus dinamis dibandingkan dan dibuatkan tabelnya seperti pada Tabel 5, 6, 7, 8 dan 9.

Tabel 5. Rasio Qi.d/Qi Untuk s = 6 mm/10x

No.	Qi.i Jin Dinamis (Qi.d)			Rasio Qi.d/Qi		
	Hiley	ENR	WIKI	Hiley	ENR	WIKI
1	38.375	45.553	32.452	0,96	1,14	0,81
2	39.820	46.505	54.462	1,00	1,16	1,36
3	42.404	48.202	64.253	1,06	1,21	1,61
4	37.356	44.880	57.507	0,93	1,12	1,44
5	37.522	44.990	46.837	0,94	1,12	1,17
6	38.375	45.553	66.612	0,96	1,14	1,67
7	42.616	48.340	64.537	1,07	1,21	1,61
8	42.616	48.340	73.029	1,07	1,21	1,83

Tabel 6. Rasio Qi.d/Qi Untuk s = 5 mm/10x

No.	Qi.i Jin Dinamis (Qi.d)			Rasio Qi.d/Qi		
	Hiley	ENR	WIKI	Hiley	ENR	WIKI
1	39.083	47.072	44.022	0,98	1,18	1,10
2	37.868	46.264	51.860	0,95	1,16	1,30
3	37.868	46.264	46.921	0,95	1,16	1,17
4	38.208	46.490	39.717	0,96	1,16	0,99
5	38.208	46.490	52.260	0,96	1,16	1,31
6	39.083	47.072	53.289	0,98	1,18	1,33
7	43.005	49.666	52.395	1,08	1,24	1,31
8	44.106	50.391	53.571	1,10	1,26	1,34
9	44.106	50.391	53.571	1,10	1,26	1,34
10	37.368	45.931	64.947	0,93	1,15	1,62
11	39.998	47.679	49.188	1,00	1,19	1,23
12	40.955	48.312	50.208	1,02	1,21	1,26
13	41.956	48.974	56.673	1,05	1,22	1,42
14	38.208	46.490	58.408	0,96	1,16	1,46
15	37.868	46.264	65.690	0,95	1,16	1,64
16	39.998	47.679	54.366	1,00	1,19	1,36
17	38.380	46.804	52.462	0,96	1,17	1,31
18	43.439	49.952	65.296	1,09	1,25	1,63
19	43.005	49.666	57.911	1,08	1,24	1,45
20	43.439	49.952	65.296	1,09	1,25	1,63
21	43.659	50.097	85.767	1,09	1,25	2,14
22	42.792	49.525	57.658	1,07	1,24	1,44
23	43.659	50.097	74.332	1,09	1,25	1,86
24	43.659	50.097	65.587	1,09	1,25	1,64
25	42.580	49.385	72.717	1,06	1,23	1,82
26	43.881	50.243	65.880	1,10	1,26	1,65
27	43.659	50.097	74.332	1,09	1,25	1,86
28	43.659	50.097	65.587	1,09	1,25	1,64
29	42.792	49.525	64.442	1,07	1,24	1,61
30	52.019	55.568	86.912	1,30	1,39	2,17

Tabel 7. Rasio Qi.d/Qi Untuk s = 5 mm/10x
(Lanjutan)

No.	Q ijin Dinamis (Qi.d)			Rasio Qi.d/Qi		
	Rumus	Hiley	ENR	WIKA	Hiley	ENR
31	52.019	55.568	76.687	1,30	1,39	1,92
32	44.106	50.391	75.000	1,10	1,26	1,88
33	44.106	50.391	75.000	1,10	1,26	1,88
34	44.792	50.842	54.306	1,12	1,27	1,36
35	44.106	50.391	66.176	1,10	1,26	1,65
36	43.221	49.808	73.676	1,08	1,25	1,84
37	44.106	50.391	86.538	1,10	1,26	2,16
38	43.005	49.666	47.839	1,08	1,24	1,20
39	43.881	50.243	86.151	1,10	1,26	2,15
40	43.659	50.097	65.587	1,09	1,25	1,64
41	42.792	49.525	52.167	1,07	1,24	1,30
42	43.221	49.808	48.050	1,08	1,25	1,20
43	39.628	47.433	60.274	0,99	1,19	1,51
44	42.370	49.247	51.717	1,06	1,23	1,29
45	41.956	48.974	46.817	1,05	1,22	1,17
46	38.728	46.836	47.837	0,97	1,17	1,20
47	41.350	48.573	70.880	1,03	1,21	1,77
48	39.083	47.072	40.500	0,98	1,18	1,01
49	38.905	46.933	59.325	0,97	1,17	1,48
50	42.580	49.385	64.162	1,06	1,23	1,60
51	38.037	46.376	65.942	0,95	1,16	1,65
52	39.998	47.679	49.188	1,00	1,19	1,23
53	44.561	50.690	49.338	1,11	1,27	1,23
54	45.499	51.306	50.275	1,14	1,28	1,26
55	43.221	49.808	48.050	1,08	1,25	1,20
56	38.208	46.490	58.408	0,96	1,16	1,46
57	38.208	46.490	58.408	0,96	1,16	1,46
58	40.376	47.929	33.594	1,01	1,20	0,84
59	39.998	47.679	68.864	1,00	1,19	1,72
60	38.728	46.836	47.837	0,97	1,17	1,20
61	38.728	46.836	43.677	0,97	1,17	1,09

Tabel 8. Rasio Qi.d/Qi Untuk s = 4 mm/10x

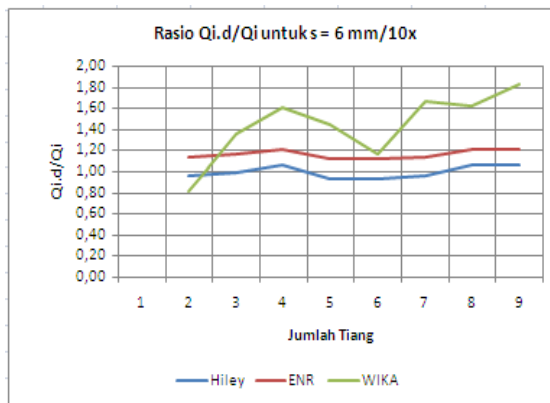
No.	Q ijin Dinamis (Qi.d)			Rasio Qi.d/Qi		
	Rumus	Hiley	ENR	WIKA	Hiley	ENR
1	44.750	51.976	66.664	1,12	1,30	1,67
2	38.056	47.515	39.282	0,95	1,19	0,98
3	40.758	49.323	54.944	1,02	1,23	1,37
4	41.741	49.978	50.690	1,04	1,25	1,27
5	43.849	51.379	58.527	1,10	1,28	1,46
6	42.982	50.803	64.369	1,07	1,27	1,61
7	43.849	51.379	52.899	1,10	1,28	1,32
8	44.981	52.128	54.087	1,12	1,30	1,35
9	44.981	52.128	49.342	1,12	1,30	1,23
10	44.981	52.128	76.014	1,12	1,30	1,90
11	37.230	46.960	64.611	0,93	1,17	1,62
12	41.741	49.978	50.690	1,04	1,25	1,27
13	44.750	51.976	75.673	1,12	1,30	1,89
14	44.071	51.526	65.783	1,10	1,29	1,64
15	44.295	51.674	75.002	1,11	1,29	1,88
16	44.981	52.128	66.964	1,12	1,30	1,67
17	43.849	51.379	65.494	1,10	1,28	1,64
18	44.521	51.824	75.336	1,11	1,30	1,88
19	44.521	51.824	66.368	1,11	1,30	1,66
20	52.808	57.278	87.616	1,32	1,43	2,19
21	51.881	56.671	99.710	1,30	1,42	2,49
22	45.926	52.754	60.940	1,15	1,32	1,52
23	43.849	51.379	85.961	1,10	1,28	2,15
24	44.981	52.128	87.891	1,12	1,30	2,20
25	45.449	52.438	76.705	1,14	1,31	1,92

Tabel 9. Rasio Qi.d/Qi Untuk s = 4 mm/10x
(Lanjutan)

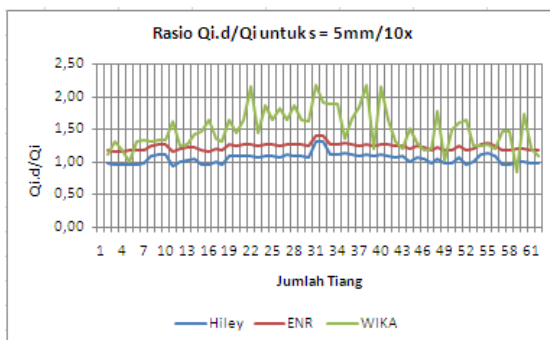
No.	Q ijin Dinamis (Qi.d)			Rasio Qi.d/Qi		
	Rumus	Hiley	ENR	WIKA	Hiley	ENR
26	43.196	50.945	84.848	1,08	1,27	2,12
27	39.818	48.695	60.268	1,00	1,22	1,51
28	43.412	51.088	43.982	1,09	1,28	1,10
29	43.849	51.379	58.527	1,10	1,28	1,46
30	43.849	51.379	65.494	1,10	1,28	1,64
31	44.981	52.128	87.891	1,12	1,30	2,20
32	45.213	52.282	76.357	1,13	1,31	1,91
33	44.295	51.674	59.045	1,11	1,29	1,48
34	44.750	51.976	87.497	1,12	1,30	2,19
35	44.981	52.128	87.891	1,12	1,30	2,20
36	44.750	51.976	59.572	1,12	1,30	1,49
37	44.521	51.824	66.368	1,11	1,30	1,66
38	44.521	51.824	75.336	1,11	1,30	1,88
39	44.750	51.976	53.844	1,12	1,30	1,35
40	44.981	52.128	76.014	1,12	1,30	1,90
41	44.750	51.976	75.673	1,12	1,30	1,89
42	44.750	51.976	75.673	1,12	1,30	1,89
43	46.169	52.914	68.510	1,15	1,32	1,71
44	44.521	51.824	75.336	1,11	1,30	1,88
45	44.295	51.674	75.002	1,11	1,29	1,88
46	43.629	51.233	52.669	1,09	1,28	1,32
47	43.412	51.088	52.440	1,09	1,28	1,31
48	43.849	51.379	65.494	1,10	1,28	1,64
49	40.189	48.943	44.762	1,00	1,22	1,12
50	40.189	48.943	54.286	1,00	1,22	1,36
51	40.189	48.943	41.152	1,00	1,22	1,03
52	40.377	49.068	80.052	1,01	1,23	2,00
53	39.818	48.695	53.856	1,00	1,22	1,35
54	40.758	49.323	49.661	1,02	1,23	1,24
55	40.377	49.068	38.234	1,01	1,23	0,96
56	39.453	48.451	59.796	0,99	1,21	1,49
57	40.189	48.943	49.066	1,00	1,22	1,23
58	42.561	50.523	63.822	1,06	1,26	1,60
59	41.146	49.581	55.394	1,03	1,24	1,38
60	39.095	48.211	43.718	0,98	1,21	1,09
61	40.951	49.451	45.489	1,02	1,24	1,14
62	44.981	52.128	54.087	1,12	1,30	1,35
63	40.758	49.323	41.651	1,02	1,23	1,04
64	44.981	52.128	54.087	1,12	1,30	1,35
65	45.213	52.282	88.288	1,13	1,31	2,21
66	45.686	52.595	54.828	1,14	1,31	1,37
67	39.818	48.695	60.268	1,00	1,22	1,51
68	40.003	48.818	60.507	1,00	1,22	1,51
69	45.449	52.438	67.573	1,14	1,31	1,69
70	39.274	48.331	59.563	0,98	1,21	1,49
71	39.818	48.695	48.678	1,00	1,22	1,22
72	38.569	47.859	47.372	0,96	1,20	1,18
73	38.918	48.093	40.038	0,97	1,20	1,00
74	38.569	47.859	58.651	0,96	1,20	1,47
75	39.453	48.451	40.507	0,99	1,21	1,01
76	41.146	49.581	61.988	1,03	1,24	1,55
77	39.635	48.572	60.031	0,99	1,21	1,50
78	38.918	48.093	43.550	0,97	1,20	1,09
79	43.196	50.945	64.646	1,08	1,27	1,62
80	38.918	48.093	47.737	0,97	1,20	1,19
81	38.918	48.093	40.038	0,97	1,20	1,00
82	38.918	48.093	43.550	0,97	1,20	1,09
83	50.117	55.514	73.661	1,25	1,39	1,84

4.3 Analisa Hasil Olahan

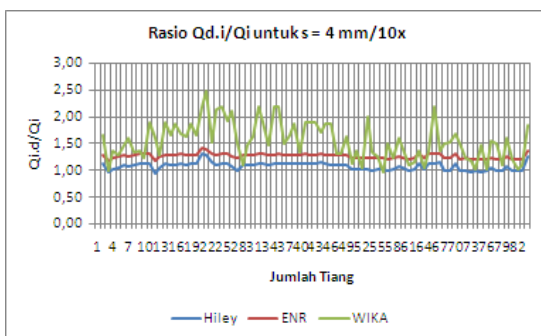
Berdasarkan hasil pengolahan rasio Qi.d/Qi untuk setiap penetrasi, maka dapat dibuat grafik hubungannya dengan berdasarkan banyaknya jumlah tiang, hasil grafiknya disajikan pada Gambar 5, 6 dan 7.



Gambar 5. Grafik Rasio $Q_{i.d}/Q_i$ untuk $s = 6$ mm/10x



Gambar 6. Grafik Rasio $Q_{i.d}/Q_i$ untuk $s = 5$ mm/10x



Gambar 7. Grafik Rasio $Q_{i.d}/Q_i$ untuk $s = 4$ mm/10x

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil perhitungan daya dukung ijin menggunakan ke 3 rumus dinamis, diperoleh nilai rasio daya dukung ijin tiang, $Q_{i.d}/Q_i$ untuk rumus Hilley: 0,92 – 1,32, rumus ENR: 1,09 – 1,43 dan rumus WIKA: 0,81 – 2,2.
2. Berdasarkan Tabel hubungan Rasio daya dukung $Q_{i.d}/Q_i$ untuk ke 3 nilai final set dan grafik yang terbentuk, diperoleh gambaran bahwa hasil rasio daya dukung

ijin dinamis rumus ENR lebih rasional dibandingkan dengan rumus WIKA dan Hilley.

5.2 Saran

1. Untuk memperkuat kesimpulan di atas, diperlukan jumlah data final set yang lebih banyak, yaitu dengan memasukkan data hasil kalendering dari mesin pancang lainnya, yaitu M02, M03, M04 dan M05.
2. Perlu dievaluasi mengenai pengambilan besarnya nilai faktor keamanan untuk ke 3 rumus dinamis yang digunakan untuk perhitungan daya dukung ijin dinamis, karena adanya penggunaan nilai besaran faktor keamanan yang berlainan.
3. Perlu mengidentifikasi besarnya nilai kalendering untuk panjang tiang tertanam yang sama, supaya mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles, JE, Foundation Analysis and Design, fifty Edition 1996,
2. Das, Braja M., Principles of Foundation Engineering, 1990,
3. Hardiyatmo, Hary Christady. 2008. *Teknik Pondasi 2*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. Hardiyatmo,
4. Hary Christady. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I. Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
5. Ridwan Raden Pratama, Skripsi, Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering Pada Proyek Icon City Delta Mas, Cikarang Pusat, Bekasi, 2016,
6. Raharjo, P. P., 2005, Manual Pondasi Tiang Edisi 3, GEC-Geotechnical Engineering Centre, Bandung.
7. teknikkonstruksi.blogspot.co.id/2011/02/metode-kalendering-pemancangan-tiang.html.
8. Tomlinson, M.J, Pile Design and Construction Practice, A viewpoint Publication, 1977.

PENULIS :

Ir. Hikmad Lukman, MT. Staf Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor