

PERBANDINGAN DAYA DUKUNG AKSIAL , EFISIENSI, BIAYA FONDASI TIANG PANCANG DAN TIANG BOR UNTUK RUSUNAWA DAAN MOGOT

Stefanus Andy Kurniawan¹ & Gregorius Sandjaja²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Stefanusandy1998@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
gregoriuss@ft.untar.ac.id

Masuk: 06-01-2021, revisi: 13-01-2021, diterima untuk diterbitkan: 11-02-2021

ABSTRACT

The location itself was already planed with bored pile $\phi 100$ cm with 40 m depth and it cost Rp.10.658.080,00 (with tax 10%). The purpose of this research to make an alternative with Driven Pile to see who more efficient from these two foundation, and got an alternative to use driven pile with $\phi 50$ cm dimension with 36 m depth that just need cost Rp.5.945.005.364,00 (with tax 10%) with 44,2% cost efficiency

Keywords: Foundation, Driven Pile, Bore Pile, Price, Comparison, Efficiency

ABSTRAK

Pada lokasi ini sendiri fondasi dalam sudah direncanakan dengan menggunakan tiang bor dengan diameter $\phi 100$ cm serta kedalaman 40 m memakan biaya sebesar Rp. 10.658.080.000,00 (dengan PPN 10%). Lalu pada studi ini ditunjukkan untuk melakukan alternatif menggunakan tiang pancang untuk melihat mana yang lebih efisien dari kedua fondasi tersebut, dan didapatkan alternatif dengan diameter tiang pancang $\phi 50$ cm dengan Panjang 36 m membutuhkan biaya sebesar Rp.5.945.005.364,00 (dengan PPN 10%) dengan perbandingan efisiensi biaya sebesar 44,22%.

Kata kunci: Fondasi, Tiang Pancang, Tiang Bor, Harga, Perbandingan, Efisiensi

1. PENDAHULUAN

Pada Bangunan Rusunawa Daan Mogot sudah menggunakan fondasi dalam tiang bor dengan diameter $\phi 100$ cm dengan kedalaman 40 m. Pada studi ini akan dilakukan perbandingan penghematan biaya dengan menggunakan tiang pancang berdiameter $\phi 50$ cm dengan kedalaman 36 m & 40 m. Lalu dicek untuk memenuhi daya dukung dan penurunan, lalu dibandingkan harganya dan dilihat mana yang lebih efisien.

2. METODE PENELITIAN

Daya dukung fondasi menggunakan daya dukung ujung tiang dan daya dukung selimut. Perhitungan ini berdasarkan teori sudah diuraikan dengan banyak pendekatan antara lain menggunakan data laboratorium dan lapangan menggunakan metode Meyerhoff, Meyerhoff (Uji SPT) dan L.Decourt.

Daya dukung fondasi menggunakan daya dukung ujung tiang dan daya dukung selimut. Perhitungan ini berdasarkan teori sudah diuraikan dengan banyak pendekatan antara lain menggunakan data laboratorium dan lapangan menggunakan metode Meyerhoff, Meyerhoff (Uji SPT) dan L.Decourt.

Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal

Rumus daya daya dukung dapat diperoleh dari persamaan :

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

$$Q_{ijin} = Q_u/SF \quad (2)$$

Dengan Q_u = Daya dukung ultimit, Q_s = Daya Dukung selimut tiang, Q_p = Daya Dukung Ujung , Q_{ijin} = Daya Dukung Ijin & SF = Safety Factor (Faktor Keamanan) umumnya 2.5 – 4

Metode Meyerhoff

Daya dukung ujung fondasi tiang pancang dinyatakan oleh rumus berikut :

$$Q_{all} = A_p \times q_p \quad (3)$$

Dengan q_p = tahanan ujung tiang per satuan luas (ton/m^2), A_p = Luas Penampang tiang (m^2)

Tahanan untuk ujung tiang per satuan luas dapat didapat dengan :

- a. Untuk Tanah Kohesif

$$q_p = N_c \cdot C_u \quad (4)$$

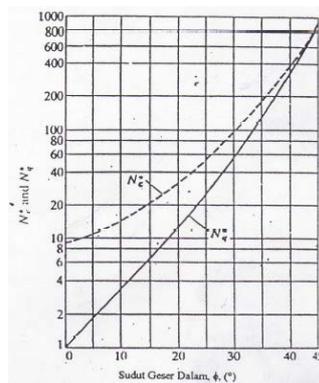
Dimana N_c dianggap 9 karena sudut friksi geser dalam dianggap 0 karena rusak saat baru dipancang

- b. Untuk Tanah non Kohesif

Untuk $N \leq 60$ maka,

$$q_p = N_q \cdot q' \quad (\text{ton}/\text{m}^2) < 400 \quad (5)$$

Dengan N_q = Nilai rata – rata SPT & q' = Tegangan vertical efektif



Gambar 1 Harga N_c & N_q (Rahardjo, 2005)

Gambar 1 menunjukkan harga N_c & N_q yang akan dipakai untuk menghitung daya dukung ujung tiang berdasarkan metode yang dibutuhkan.

Lalu untuk daya dukung selimut (skin Friction) :

$$Q_s = f \times \Delta L \times p \quad (6)$$

Dengan, F = Tahanan satuan *skin friction* (ton/m^2), ΔL = Panjang Tiang yang diselimuti tanah (m) & p = Keliling Penampang Tiang

Untuk tahanan satuan skin friction (f) dapat diperoleh sebagai berikut :

- a. Pada Tanah Kohesif (Meyerhoff) :

$$f = \alpha \cdot C_u \quad (7)$$

Dengan f = Gesekan selimut, α = Faktor adhesi & C_u = Kohesi Tanah (ton/m^2)

- b. Pada Tanah non Kohesif

$$f = K \cdot \sigma' \cdot \delta \quad (\text{ton}/\text{m}^2) \quad (8)$$

Dengan K = Konstanta, σ' = Tegangan Vertikal tanah & δ = konstanta

Tabel 1 Harga K & δ

Bahan Tiang	δ	Nilai K	
		Kepadatan Relatif Tinggi	Kepadatan Relatif Rendah
Baja	20°	0,5	1
Beton	$\frac{3}{4}\phi$	1	2

(Sumber : Reese, 1977)

Tabel 1 menunjukkan harga K & δ , parameter tersebut digunakan untuk menghitung daya dukung ujung tiang dengan metode Meyerhoff dimana parameter ditentukan berdasarkan jenis bahan tiang yang digunakan.

Metode Meyerhoff (Uji SPT)

Daya Dukung ujung tiang dapat dihitung dengan persamaan Meyerhof (Rahardjo, 2005) :

$$Q_u = 40.N_b.A_p + 0.2N.A_s \quad (9)$$

Dengan , N_b = Harga N-Spt pada elevasi dasar tiang, A_p = Luas Penampang Dasar Tiang & N = Nilai rata – rata SPT pada selimut tiang

Metode L. Decourt

Daya Dukung ujung tiang dapat dihitung dengan persamaan L.Decourt (Rahardjo, 2005) :

$$Q_p = N_b.K.A_p \quad (10)$$

Dengan N_b = Harga N-SPT pada elevasi dasar tiang, A_p = Luas Penampang Dasar Tiang & K = Koefisien K dari L. Decourt

Tabel 2 Harga K

Jenis Tanah	Nilai K (ton/m ²)
Lempung	12
Lanau Berlempung	20
Lanau Berpasir	25
Pasir dan Kerikil	40

(Sumber : Rahardjo, 2005)

Tabel 2 menunjukkan harga K untuk tiap jenis tanah, harga K digunakan di metode L.Decourt untuk menghitung daya dukung ujung tiang.

Efisiensi Kelompok Tiang

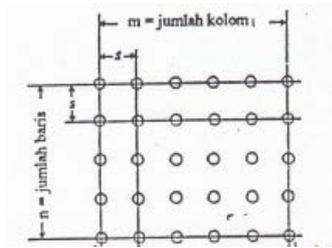
Jika pada satu titik terjadi pembebanan dan satu tiang tunggal tidak mampu menahan beban yang diterima maka akan ditambah tiang tunggal yang lainnya, namun tiang tersebut dianggap tidak bekerja 100% untuk memikul beban, maka akan dihitung efisiensinya, Formula formula yang digunakan untuk menghitung efisiensi :

Formula Converse Labare

Formula berikut digunakan untuk menghitung efisiensi tiang berdasarkan jumlah tiang secara baris dan kolom, selain itu memperhatikan jarak dan ukuran tiang tersebut.

$$E_g = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right) \theta \quad (11)$$

Dengan $\theta = \arctan\left(\frac{d}{s}\right)$, m = jumlah kolom, d = diameter tiang bor, n = jumlah baris, s = jarak antar tiang

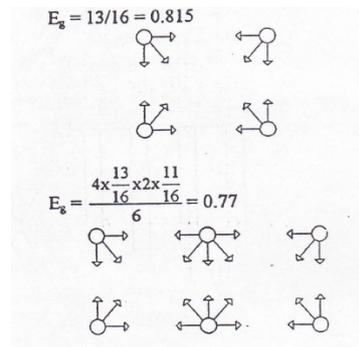


Gambar 2 Ilustrasi m,n (Sumber : Rahardjo,2005)

Gambar 2 menunjukkan ilustrasi m dan n, dimana masing masing m merupakan jumlah tiang terhadap kolom dan n jumlah tiang terhadap baris.

Formula Feld

Rumus ini digunakan dengan cara mengurangi kapasitas daya dukung setiap tiang terdekat dengan $\frac{1}{16}$ tanpa memperhatikan jarak, kelemahan dari feld ini adalah tidak memperhatikan jarak.



Gambar 3 Ilustrasi Penyebaran Gaya (Sumber : Rahardjo,2005)

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi penyebaran gaya berdasarkan metode feld. Dimana masing masing tiang terdekat mengurangi kapasitas daya tiang sebesar $\frac{1}{16}$.

Formula Los Angeles

$$E_g = 1 - \frac{D}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} [m(n - 1) + n(n - 1) + (m - 1)(n - 1) \sqrt{2}] \tag{14}$$

Dengan m = jumlah kolom , n = jumlah baris & s = jarak antar tiang

Formula Seiler & Keeney

$$E_g = \left[1 - \frac{36s(m+n-2)}{(75s^2-7)(m+n-1)} \right] + \frac{0,3}{m+n} \tag{15}$$

Dengan m = jumlah kolom , n = jumlah baris & s = jarak antar tiang

Penurunan

Pada dasarnya fondasi berdiri diatas tanah, sedangkan jenis tanah bermacam – macam, lalu fondasi yang bekerja di tanah lunak perlu dikaji ulang kemampuan daya dukung tiang dan besarnya penurunan yang terjadi. Selanjutnya apabila fondasi tersebut menghasilkan penurunan yang sangat besar, maka perlu adanya alternatif desain. Salah satu alternatifnya ialah fondasi rakit.

Penurunan fondasi tiang pada tanah kohesif terdiri dari 2 komponen yaitu :

- Penurunan seketika (short term settlement) yang segera terjadi setelah pembebanan bekerja
- Penurunan jangka panjang atau penurunan konsolidasi, yang terjadi secara berangsur angsur bersamaan dengan disipasi tekanan air pori eksese

Penurunan fondasi tiang di tanah non kohesif hanya menghitung penurunan seketika.

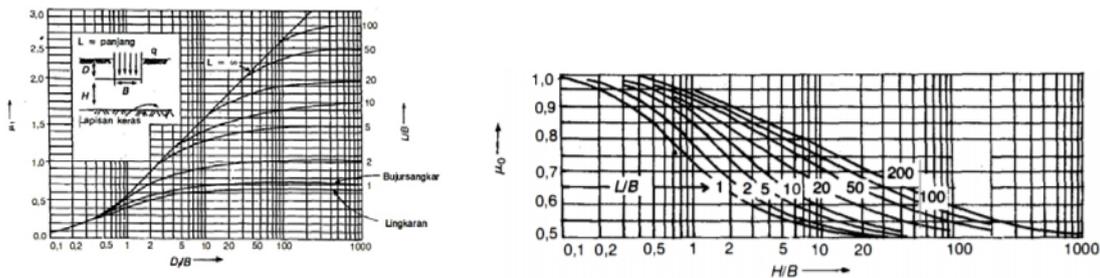
Penurunan Kelompok Tiang

- o Penurunan Segera

Penurunan segera atau penurunan elastis adalah penurunan akibat massa tanah yang tertekan dan terjadi segera setelah terjadi pembebanan dalam Hardiyatmo H.C. (2002) memberikan persamaan untuk penurunan segera adalah sebagai berikut :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_0 \cdot \frac{q \cdot B}{E} \tag{16}$$

Dengan S_i = Penurunan Segera, μ_1 = factor koreksi untuk lapisan tanah, μ_0 = factor koreksi untuk kedalaman fondasi D_f , q = tekanan fondasi netto, B = lebar fondasi & E = Modulus Elastisitas tanah



Gambar 4 Grafik untuk nilai μ_1 dan μ_0 (Rahardjo, 2005)

Gambar 4 menunjukkan nilai μ_1 dan μ_0 yang akan digunakan untuk menghitung penurunan segera, dimana masing masing μ_1 dan μ_0 merupakan factor koreksi untuk lapisan tanah dan kedalaman fondasi.

Nilai Modulus merupakan sifat – sifat elastis pada tanah yang penting karena umumnya dipakai untuk menghitung perkiraan – perkiraan penurunan fondasi. Nilai perkiraan modulus elastis tanah dapat ditentukan dengan melihat Tabel dibawah :

Tabel 3 Nilai Modulus (E_s) untuk macam - macam jenis tanah (sumber : Bowles 1988)

Tanah	E_s	
	Ksf	Mpa
Lempung		
Sangat Lunak	50-250	2-15
Lunak	100-500	5-25
Sedang	300-1000	15-50
Keras	1000-2000	50-100
Berpasir	500-5000	25-250

Tabel 3 diatas menunjukkan nilai modulus tanah, nilai E_s ini digunakan untuk menghitung penurunan segera.

Penurunan Kelompok Tiang pada tanah Lempung

Perkiraan Penurunan fondasi tiang kelompok pada tanah lempung dapat menggunakan prosedur sebagai berikut :

Tentukan beban kerja :

$$q = \frac{Q}{B_o \cdot L_o} \tag{21}$$

Beban kerja diatas dialihkan pada kedalaman $2/3 D$ di bawah pile cap. Penurunan tanah diatas kedalaman tersebut amat kecil dan dapat diabaikan

Beban Kerja disebarakan ke ebawah fondasi tiang dengan perkiraan pola penyebaram vertical : horizontal = 2 : 1

Tanah dibagi atas lapis – lapis dengan masing – masing lapis ditentukan parameter kompresibilitasnya, tegangan efektif awal (P_o') dan besarnya beban luar (ΔP). Kemudian settlement tiap lapis dijumlahkan sebagai berikut :

$$S_g = \sum \frac{C_c \cdot \Delta H}{1 + e_o} \cdot \left(\frac{P_o' + \Delta P}{P_o'} \right) \quad (22)$$

Jika tanah overkonsolidasi maka harus diperhitungkan dengan C_r (rebound compression index) pada harga ($P_o' + \Delta P$) < P_c (Preconsolidation pressure) dan untuk ($P_o' + \Delta P$) disesuaikan nilai penyebutnya.

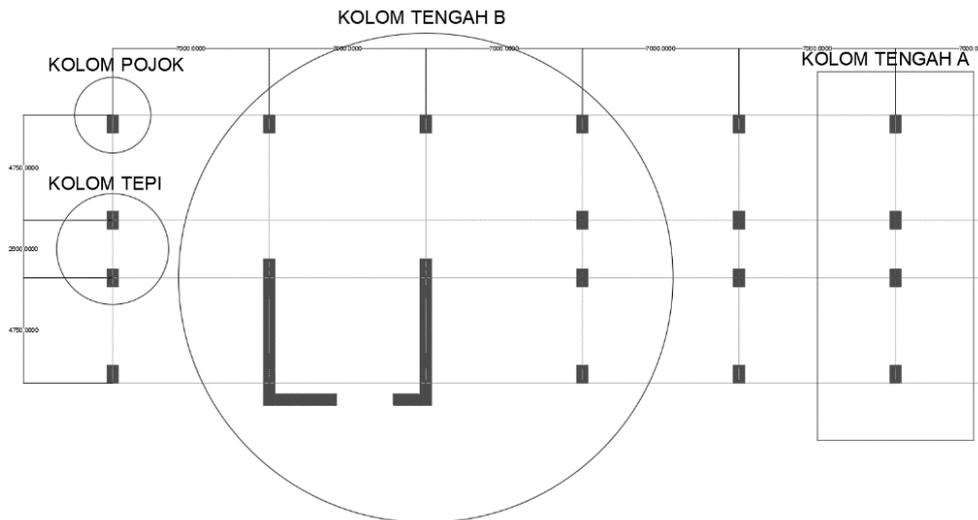
$$S_g = \sum \frac{C_c \cdot \Delta H}{1 + e_o} \cdot \log \left(\frac{P_c}{P_o'} \right) + \sum \frac{C_r \cdot \Delta H}{1 + e_o} \cdot \log \left(\frac{P_o' + \Delta P}{P_o'} \right) \quad (23)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rusunawa Daan Mogot direncanakan dengan jumlah 20 lantai untuk Gedung nya dengan denah lokasi kolom di bawah ini. Berat total Gedung ini sebesar 19668,59 ton dan distribusikan ke 32 kolom dan 2 *shearwall*. Kolom pada gedung tersebut menerima beban yang tidak sama. Lalu pada penelitian ini dicoba untuk mengganti tiang bor dengan alternatif tiang pancang.

Lokasi Kolom Yang Ditinjau

Kolom yang ditinjau ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu Kolom Pojok, Kolom Tepi, Kolom Tengah B dan Kolom Tengah A, karena pile cap di tiap jenis kolom berbeda dan tiap kolom yang ditinjau dianggap menerima beban secara bersama.



Gambar 5 Lokasi Kolom Yang Ditinjau

Gambar 5 menunjukkan tiap lokasi kolom yang ditinjau yang dibagi menjadi 4 bagian dan setiap bagian bekerja secara Bersama untuk menanggung beban diatas karena menjadi satu pile cap.

Analisis daya dukung Tiang Tunggal

Berikut merupakan perbandingan yang sudah dilakukan terhadap masing masing jenis tiang.

Tabel 4 Daya Dukung Tiang Tunggal

Jenis tiang	Diameter (m)	Kedalaman(m)	Metode	Daya Dukung (ton)
Bor	1	40	Existing	327,67
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	187,6
			Meyerhoff (SPT)	157,12
			L.Decourt	157,15
			Aplikasi	223,04
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	168,06
			Meyerhoff (SPT)	149,464
			L.Decourt	141,6925
			Aplikasi	196,5

Tabel 4 menunjukkan perbandingan daya dukung yang didapatkan dengan perbedaan metode masing masing jenis tiang dan kedalamannya

Perbandingan Daya Dukung Terhadap Beban

Tabel-tabel dibawah ini ditunjukkan untuk melihat perbandingan jumlah dan daya dukung tiang terhadap bebannya dan diambil yang mana yang paling efisien.

o Kolom Pojok

Tabel 5 menunjukkan konfigurasi fondasi tiang yang digunakan dengan membandingkan daya dukung terhadap beban yang diterima di kolom Pojok.

Tabel 5 Perbandingan Daya Dukung Terhadap Beban di Kolom Pojok

Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman (m)	Metode	Daya Dukung	Jumlah Tiang	Efisiensi	T. Daya Dukung	Beban
Bor	1	40	Existing	327,6	2	-	588,16	236,63
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	187,6	2	0,8975	336,75	236,63
			Meyerhoff (Uji SPT)	157,12	2	0,8975	282,03	236,63
			L.Decourt	157,15	2	0,8975	282,09	236,63
			Aplikasi	223,4	2	0,8975	401	236,63
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	168,07	2	0,8975	301,68	236,63
			Meyerhoff (Uji SPT)	149,46	2	0,8975	268,29	236,63
			L.Decourt	141,69	2	0,8975	254,34	236,63
			Aplikasi	196,5	2	0,8975	352,72	236,63

o Kolom Tepi

Tabel 6 menunjukkan konfigurasi fondasi tiang yang digunakan dengan membandingkan daya dukung terhadap beban yang diterima di kolom Tepi.

Tabel 6 Perbandingan Daya Dukung Terhadap Beban di Kolom Tepi

Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman (m)	Metode	Daya Dukung	Jumlah Tiang	Efisiensi	T. Daya Dukung	Beban (ton)
Bor	1	40	Existing	327,6	4	-	1064,92	679,73
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	187,6	6	0,79	889,24	679,73
			Meyerhoff (Uji SPT)	157,12	6	0,79	744,75	679,73
			L.Decourt	157,15	6	0,79	744,9	679,73
			Aplikasi	223,4	4	0,8125	726,05	679,73
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	168,07	6	0,79	796,63	679,73
			Meyerhoff (Uji SPT)	149,46	6	0,79	708,46	679,73
			L.Decourt	141,69	8	0,78125	885,58	679,73
			Aplikasi	196,5	5	0,8	786	679,73

o Kolom Tengah A

Tabel 7 menunjukkan konfigurasi fondasi tiang yang digunakan dengan membandingkan daya dukung terhadap beban yang diterima di kolom Tengah A.

Tabel 7 Perbandingan Daya Dukung Terhadap Beban di Kolom Tengah A

Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman (m)	Metode	Daya Dukung	Jumlah Tiang	Efisiensi	T. Daya Dukung	Beban (ton)
Bor	1	40	Existing	327,6	10	-	3276,67	1766,9
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	187,6	14	0,723	1898,93	1766,9
			Meyerhoff (Uji SPT)	157,12	16	0,72	1810,03	1766,9
			L.Decourt	157,15	16	0,72	1810,38	1766,9
			Aplikasi	223,4	14	0,723	2261,25	1766,9
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	168,07	16	0,72	1936,12	1766,9
			Meyerhoff (Uji SPT)	149,46	20	0,7625	2279,33	1766,9
			L.Decourt	141,69	20	0,7625	2160,81	1766,9
			Aplikasi	196,5	14	0,723	1988,97	1766,9

o Kolom Tengah B

Tabel 8 menunjukkan konfigurasi fondasi tiang yang digunakan dengan membandingkan daya dukung terhadap beban yang diterima di kolom Tengah B.

Tabel 8 Perbandingan Daya Dukung Terhadap Beban di Kolom Tengah B

Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman (m)	Metode	Daya Dukung	Jumlah Tiang	Efisiensi	T. Daya Dukung	Beban (ton)
Bor	1	40	Existing	327,6	35	-	11468,3	6030,8
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	187,6	60	0,604	6798,77	6030,8
			Meyerhoff (Uji SPT)	157,12	70	0,6	6599,07	6030,8
			L.Decourt	157,15	70	0,6	6600,34	6030,8
			Aplikasi	223,4	46	0,66	6782,42	6030,8
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	168,07	60	0,604	6090,7	6030,8
			Meyerhoff (Uji SPT)	149,46	70	0,6	6277,49	6030,8
			L.Decourt	141,69	72	0,599	6110,91	6030,8
			Aplikasi	196,5	50	0,63	6189,75	6030,8

Dari perhitungan daya dukung diatas, jika kita ingin memakai angka yang aman setiap tiang kita asumsikan memikul daya dukung terendah dari perhitungan diatas, jadi diambil L.Decourt untuk kasus ini.

Perbandingan *Settlement* Tiap Kolom

o Kolom Pojok

Tabel 10 menunjukkan penurunan total di kolom pojok dengan jenis kedalaman yang berbeda dimana masing masing didapatkan sebesar 1,485 cm dan 1,49 cm

Tabel 9 Penurunan Tiang Di Kolom Pojok

Jenis Tiang	Diameter (m)	Kedalaman (m)	Jumlah Tiang	Penurunan (cm)
Pancang	0,5	40	2	1,485
Pancang	0,5	36	2	1,49

o Kolom Tepi

Tabel 11 menunjukkan penurunan total di kolom tepi dengan jenis kedalaman dan banyaknya tiang yang digunakan berbeda . Penurunan maksimal harus dicek terhadap penurunan ijin yaitu sebesar 15 cm + $b/600$ dimana b merupakan lebar pile cap (dalam cm)

Tabel 10 Penurunan Tiang Di Kolom Tepi

Jenis Tiang	Diameter (m)	Kedalaman (m)	Jumlah Tiang	Penurunan (cm)
Pancang	0,5	40	4	3,06
			6	2,35
Pancang	0,5	36	5	3,71
			6	3,16
			8	3,16

o Kolom Tengah A

Tabel 12 menunjukkan penurunan total di kolom tengah A dengan jenis kedalaman dan banyaknya tiang yang digunakan berbeda . Penurunan maksimal harus dicek terhadap penurunan ijin yaitu sebesar $15 \text{ cm} + b/600$ dimana b merupakan lebar pile cap (dalam cm)

Tabel 11 Penurunan Tiang Di Kolom Tengah A

Jenis Tiang	Diameter (m)	Kedalaman (m)	Jumlah Tiang	Penurunan (cm)
Pancang	0,5	40	14	5,4
			16	5,4
Pancang	0,5	36	14	6,23
			16	6,23
			20	6,23

o Kolom Tengah B

Tabel 13 menunjukkan penurunan total di kolom tengah B dengan jenis kedalaman dan banyaknya tiang yang digunakan berbeda . Penurunan maksimal harus dicek terhadap penurunan ijin yaitu sebesar $15 \text{ cm} + b/600$ dimana b merupakan lebar pile cap (dalam cm)

Tabel 12 Penurunan Tiang di Kolom Tengah B

Jenis Tiang	Diameter (m)	Kedalaman (m)	Jumlah Tiang	Penurunan (cm)
Pancang	0,5	40	46	14,69
			60	14,69
			70	14,69
Pancang	0,5	36	50	15,29
			60	15,29
			70	15,29
			72	15,29

Perbandingan Jumlah dan Harga Tiang

o Kolom Pojok

Tabel 14 menunjukkan perbandingan harga tiang dari tiap metode, jenis dan kedalaman yang berbeda untuk di kolom pojok dapat dipilih untuk tingkat keamanan tertinggi yaitu L. Decourt dengan kedalaman 36 m dengan efisiensi penghematan sebesar 68,3%.

Tabel 13 Perbandingan Jumlah dan Harga Tiang Kolom Pojok

Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman (m)	Metode	Jumlah Tiang	Harga	% Penghematan
Bor	1	40	Existing	2	Rp.183.760.000	100
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	2	Rp.64.562.666	64,8
			Meyerhoff (Uji SPT)	2	Rp.64.562.666	64,8
			L.Decourt	2	Rp.64.562.666	64,8
			Aplikasi	2	Rp.64.562.666	64,8
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	2	Rp.58.106.400	68,3
			Meyerhoff (Uji SPT)	2	Rp.58.106.400	68,3
			L.Decourt	2	Rp.58.106.400	68,3
			Aplikasi	2	Rp.58.106.400	68,3

o Kolom Tepi

Dari kedua jenis kolom di tabel 15 dengan melihat aspek keamanan seperti penurunan dan kuat daya dukung diambil metode L. Decourt, untuk Kolom Pojok diambil 2 tiang dengan persentase efisiensi biaya sebesar 68,3%, dan untuk kolom tepi menggunakan 8 tiang dengan persentase penghematan sebesar 36,7%

Tabel 14 Perbandingan Jumlah dan Harga Tiang di Kolom Tepi

Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman (m)	Metode	Jumlah Tiang	Harga	% Penghematan
Bor	1	40	Existing	4	Rp.367.520.000	100
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	6	Rp.193.687.998	47
			Meyerhoff (Uji SPT)	6	Rp.193.687.998	47
			L.Decourt	6	Rp.193.687.998	47
			Aplikasi	4	Rp.129.125.332	64,8
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	6	Rp.174.319.200	52,5
			Meyerhoff (Uji SPT)	6	Rp.174.319.200	52,5
			L.Decourt	8	Rp.232.425.600	36,7
			Aplikasi	5	Rp.145.266.000	60,4

o Kolom Tengah A

Tabel 16 menunjukkan perbandingan harga tiang dari tiap metode, jenis dan kedalaman yang berbeda untuk di kolom tengah A dapat dipilih untuk tingkat keamanan tertinggi yaitu L. Decourt dengan kedalaman 36 m dengan efisiensi penghematan sebesar 36,7%.

Tabel 15 Perbandingan Jumlah & Harga Tiang di Kolom Tengah A

Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman (m)	Metode	Jumlah Tiang	Harga	% Penghematan
Bor	1	40	Existing	10	Rp.918.800.000	100
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	14	Rp.451.938.662	50,8
			Meyerhoff (Uji SPT)	16	Rp.516.501.328	43,7
			L.Decourt	16	Rp.516.501.328	43,7
			Aplikasi	14	Rp.451.938.662	50,8
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	16	Rp.464.851.200	49,4
			Meyerhoff (Uji SPT)	20	Rp.581.064.000	36,7
			L.Decourt	20	Rp.581.064.000	36,7
			Aplikasi	14	Rp.406.744.800	55,7

o Kolom Tengah B

Dari kedua jenis kolom di tabel 17 dengan melihat aspek keamanan seperti penurunan dan kuat daya dukung diambil metode L. Decourt, untuk Kolom Tengah A diambil 20 tiang dengan persentase efisiensi biaya sebesar 36,7%, dan untuk kolom tengah B menggunakan 72 tiang dengan persentase penghematan sebesar 34,9%

Tabel 16 Perbandingan Jumlah Harga Tiang di Kolom Tengah B

Jenis Tiang	Diameter	Kedalaman (m)	Metode	Jumlah Tiang	Harga	% Penghematan
Bor	1	40	Existing	35	Rp. 3.215.800.000	100
Pancang	0,5	40	Meyerhoff	60	Rp. 1.936.879.980	39,7
			Meyerhoff (Uji SPT)	70	Rp.2.259.693.310	29,7
			L.Decourt	70	Rp.2.259.693.310	29,7
			Aplikasi	46	Rp.1.484.941.318	53,8
Pancang	0,5	36	Meyerhoff	60	Rp. 1.743.192.000	45,7
			Meyerhoff (Uji SPT)	70	Rp.2.033.724.000	36,7
			L.Decourt	72	Rp.2.091.830.400	34,9
			Aplikasi	50	Rp. 1.452.660.000	54,8

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan di atas tiang pancang dengan diameter 0,5 m sedalam 36 m dapat menghemat, sekitar Rp.4.033.950.400 dengan persentase efisiensi sebesar 62,15 % dengan menimbang factor keamanan seperti penurunan tiang kelompok, dan daya dukung. Namun dengan jumlah tiang yang lebih banyak.

Saran

Perlu dipertimbangkan aspek waktu pelaksanaan untuk fondasi tiang pancang dan tiang bor, dan melihat daya dukung lateral sehingga perlu dikaji lebih jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E.. Analisis Dan Desain Pondasi. Erlangga, Jakarta. 1989
- Das, Braja M, *Principles of foundation of Engineering, SI*. Seventh Edition, CENGAGE Learning, 2011
- Hardiyatmo, Hary Christiandy. "Analisis Dan Perancangan Fondasi." *Analisis Dan Perancangan Fondasi*, 2010.
- Rahardjo, Paulus P.. *Manual Pondasi Tiang*. 2005.
- Reese, L., and S. Wright. *Drilled Shaft Design and Construction Guidelines Manual*. 1st ed., U.S Department of Transportation, 1977.

