

Perancangan Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Mal Pelayanan Public Kabupaten Gowa

Pile Foundation Design in The Gowa Regency Public Service Mall Construction Project

Muhammad Nasir Syarif^{1,*}, Muhammad Suradi², dan Abdullah Latip³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang

Abstrak

Pemilihan jenis fondasi yang tepat dapat memangkas biaya dan waktu yang dibutuhkan serta menjamin mutu sebuah proyek. Sehubungan dengan hal itu penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode pekerjaan fondasi yang aman dan efisien dengan membandingkan fondasi tiang pancang dengan fondasi borepile yang digunakan pada Proyek Pembangunan Mal Pelayanan Publik Kabupaten Gowa. Dalam penelitian ini data yang digunakan berupa CPT, gambar kerja, biaya dan rencana waktu pekerjaan. Data diolah dan direncanakan menggunakan bantuan program SAP2000 dan AllPile serta perhitungan secara manual. Berdasarkan hasil penelitian dan perancangan pada proyek tersebut disimpulkan penggunaan fondasi tiang pancang lebih tepat dan efisien digunakan dengan pertimbangan waktu 19 hari berbanding 30 hari, biaya 816 juta berbanding 1.29 miliar dan mutu (f'_c) 52 MPa berbanding 25 MPa. Rancangan yang dihasilkan aman, ekonomis dan efisien dengan rasio daya dukung aksial 0.885, rasio daya dukung lateral 0.680, penurunan maksimum fondasi 24.19 mm dan defleksi tiang 2.29 mm.

Kata Kunci

Perancangan, fondasi, tiang pancang, program AllPile

PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia selalu mengambil langkah pembangunan guna melaksanakan percepatan. Oleh karena itu pemerintah melaksanakan pembangunan Mal Pelayanan Publik Kabupaten Gowa. Pemilihan jenis fondasi yang tepat berguna memangkas banyak biaya dan waktu yang dibutuhkan serta menjamin mutu sebuah proyek. Fondasi dalam yang digunakan pada proyek tersebut adalah *borepile* dengan lokasi proyek dibangun di atas tanah berpasir di tepi Sungai Jeneberang dan posisi bangunan terletak tepat di tengah lahan jauh dari bangunan sekitar. Berdasarkan lokasi proyek penggunaan tiang pancang lebih cocok karena fondasi ini menunjukkan stabilitas, daya tahan yang lebih baik terhadap korosi dan kemudahan penyatuan dengan struktur beton di atasnya (1). Sehingga, proses instalasi tiang pancang lebih cepat dan lebih ekonomis dibandingkan dengan *borepile*. Penggunaan tiang pancang bisa menjadi pilihan yang efisien dari segi waktu dan biaya tanpa mengorbankan kualitas dan keawetan fondasi.

Desain fondasi tiang pancang akan dianalisis menggunakan perhitungan manual dan program *AllPile*, yang memudahkan perhitungan dan analisis yang kompleks untuk memastikan kekuatan dan stabilitas optimal.

*Koresponden : Muhammad Nasir Syarif  nasirsyarif28@gmail.com

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Mal Pelayanan Publik Kabupaten Gowa di Jl. HOS Cokroaminoto, Sulawesi selatan. Pelaksanaan penelitian ini berlangsung selama kurang lebih 6 bulan, mulai bulan Agustus 2023 sampai Januari 2024.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa perangkat lunak SAP2000 dan AllPile. Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa gambar kerja, data sondir/CPT, buku fisik maupun digital dan foto terkait penelitian.

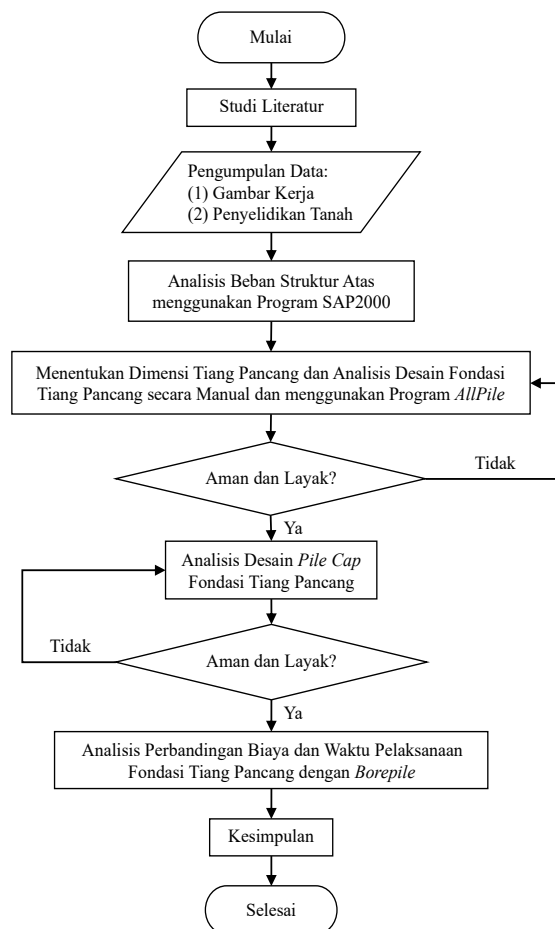
Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan antara lain metode observasi, pengambilan data berupa gambar kerja, denah fondasi dan detail fondasi serta data penyelidikan tanah yaitu data CPT/Sondir, dan membaca studi kepustakaan yang berhubungan dengan permasalahan.

Sumber data antara lain data primer dari lapangan meliputi data hasil survey wawancara kepada pihak owner, kontraktor maupun konsultan dan data sekunder berupa informasi tertulis seperti deskripsi bangunan, desain bangunan, dan data-data lainnya.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian secara detail mengikuti bagan alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Beban Struktur Atas Menggunakan Program SAP2000

Pembebanan struktur atas Mal Pelayanan Publik Gowa berdasarkan SNI 1727:2020 (2) dan SNI 1726:2019 (3) didapatkan data *Joint Reaction* yang dikelompokkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beban Maksimum *Joint Reactions*

Lokasi	H _{ux} (kN)	H _{uy} (kN)	P _u (kN)	M _{ux} (kN.m)	M _{uy} (kN.m)
A	69,6	-83,1	1632,7	255,1	198,4
B	82,6	140,3	2721	-302,7	177,9
C	-37,3	-54,2	1121,2	90,5	-52

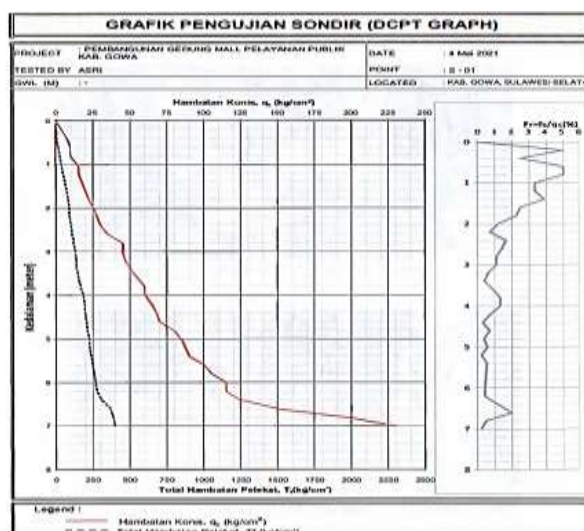
Data Sondir dan Tiang Pancang

Data sondir seperti pada Tabel 2 dan Gambar 2 serta data tiang pancang pada Tabel 3.

Tabel 2. Tabel Pembacaan Sondir

Kedalaman (m)	Hambatan Konis (qc) (kg/cm ²)	Jumlah Hambatan (qc +f) (kg/cm ²)	Hambatan Pelekat (f) (kg/cm ²)	Unit Hambatan Pelekat (fs) (kg/cm ²)	Nilai fs tiap 20 cm (kg/cm ²)	Total Hambatan Pelekat (Tf) (kg/cm ²)	Hambatan Rasio Fr=fs/qc (%)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
0.2	4.0	6.0	2.0	0.2	4.0	4.0	5.00
0.4	8.0	10.0	2.0	0.2	4.0	8.0	2.50
0.6	10.0	15.0	5.0	0.5	10.0	18.0	5.00
0.8	10.0	15.0	5.0	0.5	10.0	28.0	5.00
1.0	15.0	20.0	5.0	0.5	10.0	38.0	3.33
1.2	15.0	20.0	5.0	0.5	10.0	48.0	3.33
1.4	18.0	25.0	7.0	0.7	14.0	62.0	3.89
1.6	20.0	25.0	5.0	0.5	10.0	72.0	2.50
1.8	22.0	27.0	5.0	0.5	10.0	82.0	2.27
2.0	25.0	28.0	3.0	0.3	6.0	88.0	1.20
2.2	28.0	30.0	2.0	0.2	4.0	92.0	0.71
2.4	30.0	35.0	5.0	0.5	10.0	102.0	1.67
2.6	35.0	40.0	5.0	0.5	10.0	112.0	1.43
2.8	45.0	50.0	5.0	0.5	10.0	122.0	1.11
3.0	45.0	50.0	5.0	0.5	10.0	132.0	1.11
3.2	47.0	50.0	3.0	0.3	6.0	138.0	0.64
3.4	50.0	52.0	2.0	0.2	4.0	142.0	0.40
3.6	55.0	60.0	5.0	0.5	10.0	152.0	0.91
3.8	60.0	68.0	8.0	0.8	16.0	168.0	1.33
4.0	60.0	68.0	8.0	0.8	16.0	184.0	1.33
4.2	65.0	70.0	5.0	0.5	10.0	194.0	0.77
4.4	68.0	70.0	2.0	0.2	4.0	198.0	0.29
4.6	70.0	75.0	5.0	0.5	10.0	208.0	0.71
4.8	80.0	83.0	3.0	0.3	6.0	214.0	0.38
5.0	85.0	90.0	5.0	0.5	10.0	224.0	0.59
5.2	88.0	90.0	2.0	0.2	4.0	228.0	0.23
5.4	90.0	95.0	5.0	0.5	10.0	238.0	0.56
5.6	100.0	105.0	5.0	0.5	10.0	248.0	0.50
5.8	105.0	110.0	5.0	0.5	10.0	258.0	0.48
6.0	115.0	120.0	5.0	0.5	10.0	268.0	0.43
6.2	115.0	120.0	5.0	0.5	10.0	278.0	0.43
6.4	125.0	140.0	15.0	1.5	30.0	308.0	1.20
6.6	150.0	180.0	30.0	3.0	60.0	368.0	2.00
6.8	200.0	210.0	10.0	1.0	20.0	388.0	0.50
7.0	230.0	235.0	5.0	0.5	10.0	398.0	0.22

Sumber: Data Proyek



Sumber: Data Proyek

Gambar 2. Grafik Pengujian Sondir

Tabel 3. Data Tiang Pancang

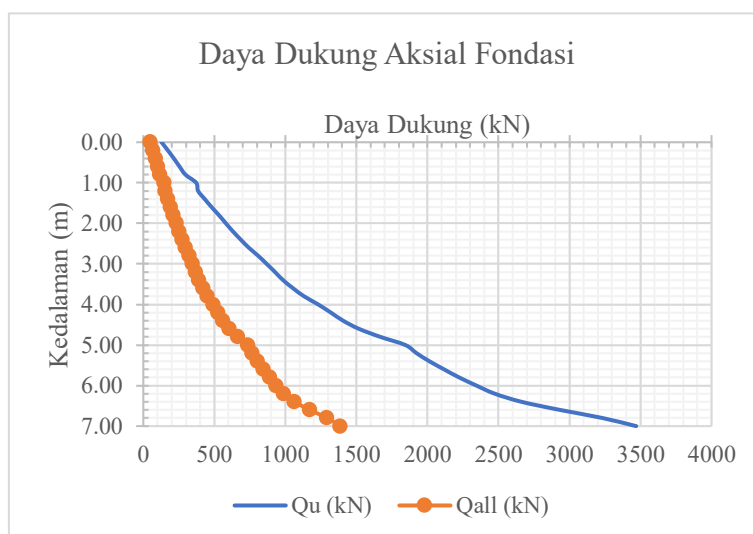
D (m)	A _b (m ²)	A' (m ²)	I _p (cm ⁴)	W _p (kN/m)	M _y (kN.m)	Q _{pall} (kN)	E _p (MPa)	L (m)
0.3	0.07	0.05	34607.78	1.108	24.52	712.94	33892.18	7
0.35	0.10	0.06	62162.74	1.422	34.32	913.00	33892.18	7
0.4	0.13	0.08	106488.95	1.873	53.94	1187.59	33892.18	7
0.45	0.16	0.09	166570.38	2.275	73.55	1466.09	33892.18	7
0.5	0.20	0.12	255324.30	2.844	102.97	1817.17	33892.18	7
0.6	0.28	0.16	510508.81	3.854	166.71	2478.14	33892.18	7

Kuat tekan beton (f'_c) : 52 MPa

Sumber: PC-PILES-wika-beton.co.id

Analisis Kapasitas Daya Dukung Aksial Fondasi perhitungan Manual

Daya dukung tanah aksial secara manual (4) (5) dengan tiang pancang diameter 0.5 m panjang 7 m didapatkan Q_{all} sebesar 1387.85 kN dengan grafik pada Gambar 3. Perhitungan dilakukan dengan berbagai variasi diameter berdasarkan Tabel 3.



Gambar 3. Grafik Daya Dukung Aksial pada Tiang Diameter 0.5 m

Interpretasi Data Sondir menggunakan Program CPeT-IT

Sebelum menganalisis daya dukung fondasi tiang pancang pada program *AllPile*, dilakukan interpretasi data sondir dengan menggunakan program CPeT-IT.

Dari hasil interpretasi data sondir/CPT didapatkan jenis tanah pada tiap lapisan dan N-SPT rata-rata tiap lapisan yang dapat dilihat pada Tabel 4.

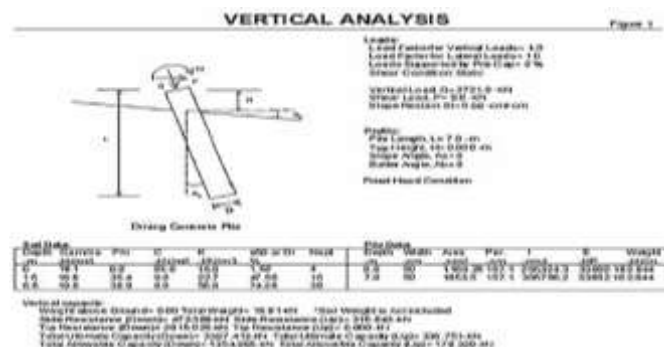
Tabel 4. Data Interpretasi Data Sondir menggunakan Program CPeT-IT

Kedalaman	Jenis Tanah	N-SPT
0.00	Lempung	4
1.60	Pasir	16
6.60-7.00	Pasir	39

Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang Menggunakan *AllPile*

Langkah-langkah analisis daya dukung fondasi tiang pancang menggunakan program *AllPile* dimulai dengan menentukan jenis fondasi, masukkan nama proyek serta keterangan fondasi dan tentukan satuan yang akan digunakan. Definisikan panjang fondasi serta letaknya terhadap permukaan tanah lalu definisikan material/tipe serta dimensi fondasi. Masukkan pembebanan serta skema pembebanan berdasarkan tipe *head* pada fondasi yang digunakan. Definisikan data tanah pada setiap lapisan tanah yang berbeda. Tentukan *Analysis Parameters* lainnya contohnya *Safety Factor*. Setelah semua data dimasukkan, *output Vertical Analysis* dan *Lateral Analysis* dapat diperoleh.

Daya dukung aksial *AllPile* ditentukan berdasarkan kapasitas daya dukung aksial pada tiang pancang (6) diameter 0.5 m didapatkan Q_{all} sebesar 1354.9 kN dapat dilihat pada Gambar 4.

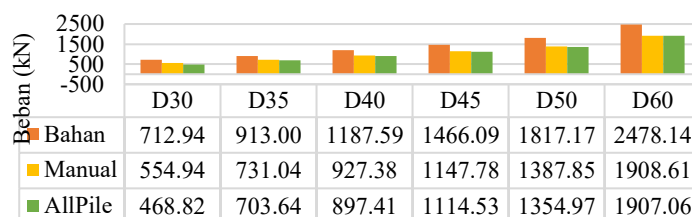


Gambar 4. Daya Dukung Aksial pada Tiang Diameter 0.5 m

Menentukan Daya Dukung Aksial Izin Fondasi

Setelah menghitung daya dukung aksial izin fondasi berdasarkan perhitungan manual dan *AllPile*. Selanjutnya menentukan daya dukung aksial izin yang akan digunakan. Hasil perhitungan dibandingkan pada Gambar 5.

Perbandingan Daya Dukung Izin Aksial



Gambar 5. Perbandingan Daya Dukung Izin Aksial

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai daya dukung izin aksial program *AllPile* diverifikasi oleh perhitungan manual dengan hasil yang hampir sama. Untuk perhitungan selanjutnya akan digunakan daya dukung izin aksial *AllPile* karena memiliki daya dukung izin aksial terkecil.

Menentukan Jumlah dan Jarak Fondasi Tiang Pancang

Setelah mendapatkan nilai daya dukung izin aksial selanjutnya menentukan jumlah fondasi berdasarkan beban atau gaya pada setiap lokasi dengan uraian berikut.

1. Jumlah fondasi tiang pancang

$$n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{1632.66}{1354.97} = 1.20 \text{ dibulatkan menjadi } 2.$$

Berdasarkan hasil *trial error* didapatkan diameter dan jumlah tiang pancang yang digunakan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Diameter dan Jumlah Tiang tiap Lokasi

Lokasi	Diameter (m)	Jumlah tiang yang digunakan
A	0.5	2
B	0.5	4
C	0.5	1

2. Jarak antar fondasi tiang pancang

Syarat jarak tiang (as ke as)

$$2.5D \leq S \leq 3D$$

$$2.5 \times 0.5 \leq S \leq 3 \times 0.5$$

$$1.25 \leq S_1 \leq 1.5$$

Digunakan jarak antar tiang sebesar 1.25 m.

Syarat jarak as tiang ke tepi

$$S < 1.25D$$

$$S < 1.25 \times 0.5$$

$$S_2 < 0.625$$

Digunakan jarak as tiang ke tepi sebesar 0.5 m.

Efisiensi Fondasi Tiang dan Daya Dukung Izin Aksial dalam Kelompok

Kapasitas daya dukung izin aksial tiang pancang kelompok dihitung berdasarkan faktor efisiensi dengan metode Converse-Labarre (7) didapatkan daya dukung izin aksial tiang dalam kelompok untuk setiap lokasi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Daya Dukung Aksial Tiang dalam Kelompok

Lokasi	Jumlah tiang	Q_{all} (kN)	Efisiensi kelompok tiang	$Q_{g(u)}$ (kN)	Q_{all} (1 tiang)
A	2	1354.97	0.879	2381.71	1190.85

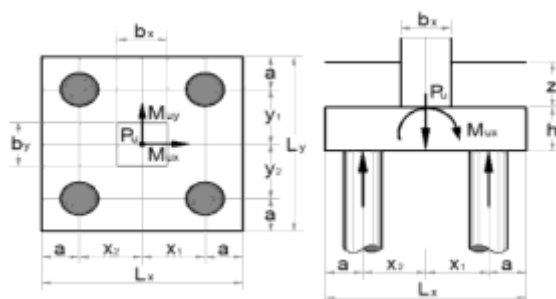
B	4	1354.97	0.758	4106.97	1026.74
C	1	1354.97	1	1354.97	1354.97

Analisis Daya Dukung Lateral Fondasi Berdasarkan Broms

Menentukan daya dukung lateral dengan tipe fondasi *fixed head* (8) dan diameter tiang pancang sebesar 0.5 m pada tanah granuler didapatkan daya dukung lateral izin sebesar 97.18 kN.

Kontrol Pembebanan pada Tiang Pancang

Untuk menentukan gaya aksial maksimum pada tiang perlu diketahui data-data berikut yang dapat dilihat pada Gambar 6 dan Tabel 7.



Gambar 6. Skema Pembebanan Fondasi Tiang Pancang

Tabel 7. Data Susunan Tiang Pancang pada Lokasi B

Susunan tiang pancang arah x :				Susunan tiang pancang arah y :			
No.	Jumlah	x	n * x ²	No.	Jumlah	y	n * y ²
	n	(m)	(m ²)		n	(m)	(m ²)
1	2	0.625	0.78	1	2	0.625	0.78
2	2	-0.625	0.78	2	2	-0.625	0.78
n =	4	Σ x ² =	1.56	n =	4	Σ y ² =	1.56

1) Gaya aksial pada tiang pancang

a. Menentukan berat rencana *pile cap*

$$L_x = L_y = S_1 + (S_2 \times 2)$$

$$L_x = L_y = 1.25 + (0.5 \times 2) = 2.25 \text{ m}$$

$$W_c = L_x \times L_y \times h \times \gamma_c$$

$$W_c = 2.25 \times 2.25 \times 1 \times 24 = 121.5 \text{ kN}$$

b. Menentukan total gaya aksial

$$P_u = P_{uk} + 1.2 \times W_c$$

$$P_u = 2721.03 + 1.2 \times 121.5 = 2866.83 \text{ kN}$$

c. Menentukan gaya aksial maksimum pada tiang pancang

$$P_{umax} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_{ux} \times x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_{uy} \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{umax} = \frac{2866.83}{4} + \frac{302.74 \times 0.625}{1.56} + \frac{177.92 \times 0.625}{1.56}$$

$$P_{umax} = 908.97 \text{ kN}$$

Syarat kapasitas gaya aksial

$$P_{umax} \leq Q_{all}$$

$$908.97 \text{ kN} < 1026,74 \text{ kN} \text{ dengan rasio sebesar } 0.885$$

Dengan cara yang sama rasio gaya aksial maksimum tiang dengan daya dukung aksial tiang dalam kelompok untuk setiap lokasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rasio Gaya Aksial dengan Daya Dukung Aksial

Lokasi	P_{umax} (kN)	Q_{all} (kN)	Rasio	Keterangan
A	1052.83	1190.85	0.884	Aman
B	908.97	1026.74	0.885	Aman
C	1150.05	1354.97	0.849	Aman

2) Gaya lateral pada tiang pancang

a. Menentukan gaya lateral arah x dan y

$$H_{ux} = \frac{h_{ux}}{n} = \frac{82.60}{4} = 20.65 \text{ kN}$$

$$H_{uy} = \frac{h_{uy}}{n} = \frac{140.27}{4} = 35.07 \text{ kN}$$

b. Menentukan gaya lateral kombinasi dua arah

$$H_{umax} = \sqrt{H_{ux}^2 + H_{uy}^2}$$

$$H_{umax} = \sqrt{20.65^2 + 35.07^2}$$

$$H_{umax} = \sqrt{426.38 + 1229.80} = 40.70 \text{ kN}$$

Syarat kapasitas gaya lateral

$$H_{umax} \leq Q_{all}$$

40.70 < 97.18 kN dengan rasio sebesar 0.42

Dengan cara yang sama rasio gaya lateral maksimum tiang dengan daya dukung lateral tiang untuk setiap lokasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rasio Gaya Lateral dengan Daya Dukung Lateral

Lokasi	Q_{lat} (kN)	Q_{all} (kN)	Rasio	Keterangan
A	54.21	97.18	0.56	Aman
B	40.70	97.18	0.42	Aman
C	65.82	97.18	0.68	Aman

Penurunan Maksimum Fondasi Tiang Pancang

Penurunan maksimum fondasi tiang tunggal dan kelompok dihitung dengan Vesic AS, Design of pile foundations (9). Didapatkan penurunan tiang tunggal sebesar 15.30 mm dan tiang kelompok sebesar 24.19 mm.

Penurunan Fondasi Tiang Pancang *AllPile*

Penurunan maksimum yang terjadi pada *AllPile* dihitung berdasarkan Vesic AS, Design of pile foundations dan Reese LC (10). Penurunan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 8.

Defleksi Lateral pada Tiang Pancang Broms

Menentukan defleksi lateral dengan tipe fondasi *fixed head* dan diameter tiang pancang sebesar 0.5 m pada tanah granuler dapat dilihat pada Tabel 10

Tabel 10. Defleksi Fondasi Tiang Broms

Lokasi	Q_{lat} (kN)	X_0 (mm)	Keterangan
A	54.21	1.89	Aman
B	40.70	1.42	Aman
C	65.82	2.29	Aman

Defleksi Lateral Tiang Pancang *AllPile*

Berdasarkan (11) didapatkan defleksi lateral tiang pancang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Defleksi Fondasi Tiang *AllPile*

Lokasi	Q_{lat} (kN)	X_0 (mm)	Keterangan
A	57.80	1.90	Aman
B	43.10	1.31	Aman
C	65.80	2.24	Aman

Menentukan Dimensi dan Pembesian *Pilecap*

Berdasarkan SNI 2847:2019 (12) data material *pilecap* dan dimensi *pilecap* Zona B direncanakan menggunakan parameter-parameter sebagai berikut:

Kuat tekan beton (f'_c) = 25 MPa

Kuat leleh baja tulangan lentur (*deform*) (f_y) = 420 MPa

Kuat leleh baja tulangan susut (polos) (f_y) = 280 MPa

Berat beton bertulang (γ_c) = 24 kN/m³

Lebar kolom arah x (b_x) dan y (b_y) = 0.7 m

Rasio sisi panjang/sisi pendek kolom (β_c) = 1

Lebar *pilecap* arah x dan y = 2.25 m

Tebal *pilecap* (h) = 1 m

Posisi kolom dalam (tengah) (α_s) = 40

Jarak tiang pancang ke tepi sisi luar beton (a) = 0.5 m

Jarak pusat tulangan ke sisi luar beton (d') = 0.1 m

Tebal efektif *pilecap* ($d = h - d'$) = 0.9 m

Didapatkan kuat geser dan tahanan geser *pilecap* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Gaya Geser dan Tahanan Geser *Pilecap*

Lokasi	D	n_p	Gaya Geser (kN)					
			x		y		pons	
			ϕV_c	V_{ux}	ϕV_c	V_{uy}	ϕV_{np}	P_{uk}
A	0.5	2	1125	1045.03	-	-	-	-
B	0.5	4	2531.25	1800.39	2531.25	1800.39	7200	2721.03
C	0.5	1	-	-	-	-	-	-

Didapatkan dimensi dan susunan tulangan *pilecap* pada setiap lokasi dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Dimensi dan Tulangan *Pilecap*

Lokasi	D	n _p	Panjang (m)	Lebar (m)	Tulangan Lentur		Tulangan Susut	
					x	y	x	y
A	0.5	2	2.25	1	D19-120	D19-200	Ø14-120	Ø14-120
B	0.5	4	2.25	2.25	D19-120	D19-120	Ø14-120	Ø14-120
C	0.5	1	1	1	D19-200	D19-200	Ø14-120	Ø14-120

Analisis Biaya dan Waktu Fondasi Tiang Pancang

Biaya sewa alat/jam yang dihitung untuk *Crawler Crane* (13) sebesar Rp538,728 dan *Hydraulic Static Pile Driver* sebesar Rp721,790.

Dengan total waktu siklus 60 menit dan koefisien alat pemancangan dengan faktor efisiensi sebesar 0.65 sedang dengan panjang tiang 7 meter didapatkan kapasitas produksi 4.55m/jam dan koefisien alat 0.2197.

1) Biaya Pekerjaan Pemancangan Tiang

Berdasarkan hasil perhitungan koefisien alat selanjutnya dapat menentukan analisis harga satuan pekerjaan per 1 m' tiang pancang seperti pada Tabel 14.

Tabel 14 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Tiang Pancang

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	Tenaga Kerja				
1	Pekerja	OJ	0.2197	Rp20,457	Rp4,496
2	Tukang	OJ	0.2197	Rp25,571	Rp5,620
3	Mandor	OJ	0.0219	Rp30,685	Rp674
Jumlah Harga Tenaga Kerja					Rp10,790
B	Peralatan				
1	<i>Crawler Crane</i>	Jam	0.2197	Rp538,278	Rp118,302
2	<i>Hydraulic Static Pile Driver</i>	Jam	0.2197	Rp721,789	Rp158,635
Jumlah Harga Peralatan					Rp276,938
D	Jumlah Harga Bahan Dan Peralatan (A+B)				Rp287,728
E	Biaya Umum Dan Keuntungan (15%D)				Rp43,159
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				Rp330,887

Selanjutnya dapat dihitung total biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan pemancangan tiang.

Biaya pekerjaan = volume pekerjaan x harga satuan pekerjaan

Biaya pekerjaan = 86 x 7 x Rp.330.887 = Rp.199.194.539

2) Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi Alat

Total biaya mobilisasi dan demobilisasi alat dengan harga di atas standar harga satuan seperti pada Tabel 15.

Tabel 15. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi

No.	Jenis Biaya	Hari	Harga/Hari	Biaya
1.	Sewa <i>lowbed trailer</i>	3	Rp10,000,000	Rp30,000,000
2.	Operator crane	3	Rp1,500,000	Rp4,500,000
3.	Asuransi		Rp2,000,000	Rp2,000,000
4.	Izin jalan Biaya parkir		Rp1,000,000 Rp500,000	Rp1,500,000
Total biaya				Rp38,000,000
Total biaya mobilisasi dan demobilisasi				Rp76,000,000

3) Harga *Spun pile*

Tiang pancang diproduksi oleh PT. Wika Beton Tbk dengan harga tiang D50 seharga Rp. 650,000. Total harga pengadaan *spun pile* selanjutnya dapat dihitung sebagai berikut.

Total Harga = (Panjang tiang x Harga tiang) + PPN11%

Total Harga = (86 x 7 x Rp.650.000) + PPN11%

Total Harga = Rp. 391.300.000 + 43.043.000 = Rp. 434.343.000

Waktu dan Biaya Pekerjaan Fondasi Tiang Pancang

Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan 86 total keseluruhan tiang berdiameter 50 cm dengan panjang 7 meter/batang.

1) Waktu Pekerjaan Fondasi Tiang Pancang

$$\text{Total waktu pekerjaan} = \frac{\text{Volume tiang pancang}}{\text{Kapasitas produksi}}$$

$$\text{Total waktu pekerjaan} = \frac{86 \text{ batang} \times 7 \text{ meter}}{4.55 \frac{\text{m}}{\text{jam}}}$$

$$\text{Total waktu pekerjaan} = \frac{602 \text{ m}}{4.55 \frac{\text{m}}{\text{jam}}}$$

Total waktu pekerjaan = 132,31 jam = 19 hari kerja

2) Biaya Pekerjaan Fondasi Tiang Pancang

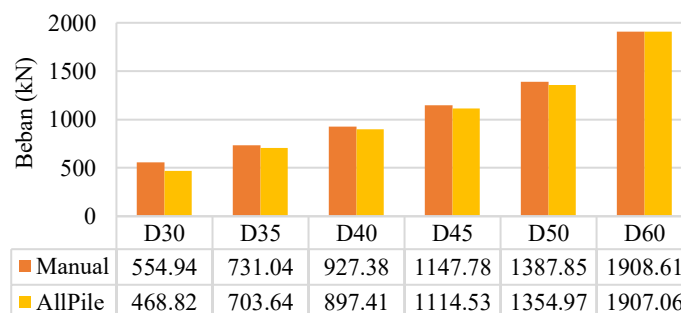
Total biaya yang dibutuhkan yang dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16 Total Biaya Pekerjaan Tiang Pancang

No.	Biaya	Total Harga
1	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat	Rp76,000,000
2	Pekerjaan Pemancangan Tiang	Rp199,194,539
3	Pengadaan Tiang Pancang	Rp434,343,000
Jumlah Harga		Rp709,537,539
Overhead (15%)		Rp106,430,630
Total Harga		Rp815,968,170

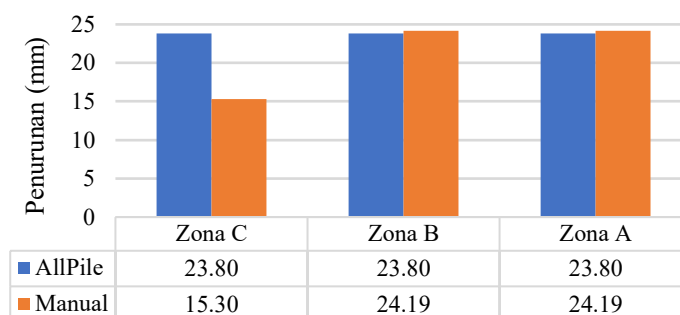
Perbandingan Hasil Analisis Program *AllPile* dengan Analisis Manual

Perbandingan daya dukung izin aksial dapat dilihat pada Gambar 7.

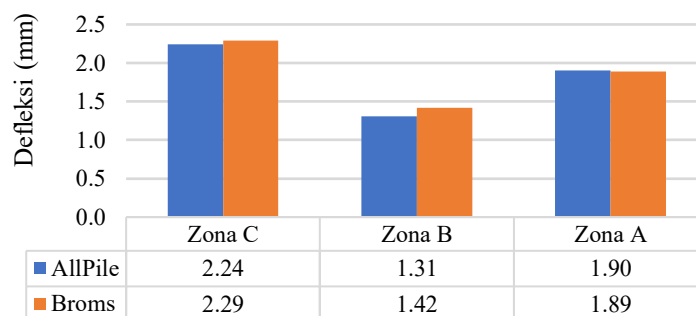


Gambar 7. Perbandingan Daya Dukung Aksial Program *AllPile* dan Manual

Penurunan dan defleksi tiang pancang menggunakan perhitungan manual dan program *AllPile* dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Perbandingan Penurunan Maksimum Fondasi Tiang



Gambar 9. Perbandingan Defleksi Fondasi Tiang

Perbandingan biaya, mutu dan waktu fondasi tiang pancang dan *borepile* dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Perbandingan Fondasi Tiang Pancang dengan *Borepile*

Perbandingan	Tiang Pancang	<i>Borepile</i>
Mutu	$f'_c=52$ MPa	$f'_c=25$ MPa
Biaya	Rp815,968,170	Rp1,290,000,000
Waktu	19 hari	30 hari

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil perancangan fondasi tiang pancang dengan diameter 50 cm dan panjang 7 m dengan jumlah tiang pada lokasi A, B dan C sebanyak 2, 4 dan 1 tiang. Rasio, penurunan dan defleksi yang menunjukkan bahwa hasil perhitungan telah aman, ekonomis dan efisien. Berturut-turut rasio gaya aksial pada lokasi A, B dan C sebesar 0.884, 0.885 dan 0.849. Rasio gaya lateral pada lokasi A, B dan C sebesar 0.560, 0.420 dan 0.680. Penurunan maksimum fondasi 24.19 mm. Defleksi fondasi berturut-turut pada lokasi A, B dan C sebesar 1.90 mm, 1.42 mm dan 2.29 mm.
- 2) Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menggunakan program *AllPile* dan manual diketahui bahwa hasil-hasil analisis hampir sama atau mirip. Daya dukung aksial program *AllPile* dan manual pada tiang diameter 50 cm berturut-turut 1354.97 kN dan 1387.85 kN. Penurunan fondasi program *AllPile* dan manual 23.80 mm dan 24.19 mm. Defleksi lateral fondasi program *AllPile* dan manual 2.24 mm dan 2.29 mm.
- 3) Hasil analisis perbandingan biaya dan waktu pelaksanaan fondasi tiang menunjukkan penggunaan fondasi tiang pancang lebih efisien daripada fondasi *borepile* dengan biaya konstruksi fondasi tiang pancang Rp815,968,170 cukup kecil dibandingkan biaya konstruksi fondasi *borepile* Rp1,290,000,000 serta waktu konstruksi fondasi tiang pancang 19 hari cukup cepat dibandingkan waktu konstruksi fondasi *borepile* 30 hari.

DAFTAR PUSTAKA

1. Das BM. Principles of Foundation Engineering. Dalam: Principles of Foundation Engineering. 7 ed. Stamford: CENGAGE Learning; 2011. hlm. 540–1.
2. SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta; 2020.
3. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Jakarta; 2019.
4. Nottingham LC, Schmertmann JH. An Investigation of Pile Capacity Design Procedures: Engineering and Industrial Experiment Station Research Report D629, Final. University of Florida, Gainesville; 1975.
5. Tumay MT, Fakhroo M. Pile capacity in soft clays using electric QCPT data. Dalam: Cone penetration testing and experience. 1981. hlm. 434–55.
6. Command NFE. Foundations Earth Structures: Design Manual 7.02 Revalidated by Change 1 September 1986. US Government Printing Office; 1986.
7. Das BM. Principles of Foundation Engineering. Dalam: Principles of Foundation Engineering. 7 ed. Stamford: CENGAGE Learning; 2011. hlm. 620–620.
8. Broms BB. Design of Laterally Loaded Piles. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers. 1965;91:79–99.
9. Vesic AS. Design of pile foundations. NCHRP synthesis of highway practice. 1977;(42).
10. Reese LC, O'NEIL MW. Field load tests of drilled shafts. Dalam: International geotechnical seminar on deep foundations on bored and auger piles 1. 1988. hlm. 145–91.
11. Wang ST, Reese LC, others. COM624P-Laterally loaded pile analysis program for the microcomputer, Version 2.0. 1993.
12. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Jakarta; 2019.
13. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta; 2023.