

ALTERNATIF DESAIN FONDASI PADA PEMBANGUNAN GEDUNG DIREKTORAT POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM (PU) SEMARANG

Ainun Safitri Mufida^{1,*}, Moch Sholeh², Supiyono³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang², Dosen Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang³

Email: ainunsafitrimufida@gmail.com, moch.sholeh@polinema.ac.id, supiyono@polinema.ac.id

ABSTRAK

Dalam studi ini, tujuannya adalah untuk menghitung daya dukung aksial dari fondasi tiang pancang dan bore pile berdasarkan data tanah SPT (Standard Penetration Test) dengan menggunakan Metode Mayerhof (1956 & 1976). Tujuan lainnya adalah perhitungan penurunan elastik dan konsolidasi, perencanaan pile cap, RAB dan metode pelaksanaan yang digunakan. Gedung direktorat ini memiliki 6 lantai dengan dimensi panjang 40 m, lebar 24 m, dan ketinggian 24,05 m. Gedung tersebut menggunakan struktur beton bertulang dengan fondasi tiang pancang berdiameter 0,6 m sepanjang 38 m, dan berlokasi di Jl. Soekarno Hatta, Kecamatan Gayamsari, Kota Semarang. Setelah melakukan analisis perhitungan dengan berbagai variasi panjang tiang pancang dan bore pile, akhirnya dipilih variasi paling ekonomis, yaitu tiang pancang dengan diameter 0,6 m dan panjang 35 m, serta bore pile dengan diameter 0,6 m dan panjang 41 m. Tiang pancang menggunakan pile cap tipe 1 (3800 x 3600 mm) berjumlah 5 tiang dengan penurunan interior dan eksterior masing-masing 153,6353 mm dan 147,2346 mm. Fondasi bore pile menggunakan pile cap tipe 2 (4800 x 4200 mm) berjumlah 6 tiang untuk interior dan pile cap tipe 1 (3800 x 3600 mm) berjumlah 5 tiang untuk eksterior, dengan penurunan interior dan eksterior masing-masing 144,2685 mm dan 146,8295 mm. Pelaksanaan tiang pancang menggunakan metode *Hydraulic Jack In* dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp 6.289.684.588, sedangkan bore pile menggunakan metode *temporary casing* dengan RAB sebesar Rp 7.948.668.527.

Kata kunci : N-SPT; Fondasi; Metode Pelaksanaan; Rencana Anggaran Biaya; Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang

ABSTRACT

The purpose of this study is to calculate the axial load capacity of spun pile and bore pile based on the soil data obtained from Standard Penetration Test (SPT) using Mayerhof Method (1956 & 1976). Another objective is to calculate elastic settlement and consolidation, design the pile cap, as well as determine the Bill of Quantity and the implementation methods used. This directorate building consists of 6 floors with dimensions of 40 meters in length, 24 meters in width, and 24.05 meters in height. The building utilizes reinforced concrete structure with 0.6 meters diameter spun pile foundation that extends 38 meters in length, and it is located on Jl. Soekarno Hatta, Gayamsari District, Semarang City. After conducting various analyses with different lengths of spun pile and bore pile, the most economical variation was selected, which includes 0.6 meters diameter spun pile with a length of 35 meters, and bore pile with a diameter of 0.6 meters and a length of 41 meters. The spun pile foundation employs pile cap type 1 (3800 x 3600 mm) with 5 piles having interior and exterior settlements of 153.6353 mm and 147.2346 mm, respectively. The bore pile foundation uses pile cap type 2 (4800 x 4200 mm) with 6 interior piles and pile cap type 1 (3800 x 3600 mm) with 5 exterior piles, having interior and exterior settlements of 144.2685 mm and 146.8295 mm, respectively. The implementation of the spun pile is carried out using the Hydraulic Jack In method with a Budget Estimate Plan (RAB) of IDR 6,289,684,588, while the bore pile implementation utilizes the temporary casing method with an RAB of IDR 7,948,668,527.

Keywords : N-SPT; Foundation; Implementation Method; Budget Estimate Plan; Directorate Building of Polytechnic PU Semarang

1. PENDAHULUAN

Fondasi proyek Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum (PU) Semarang adalah tiang pancang berdiameter 0,6 m sepanjang 38 m dengan metode pelaksanaan menggunakan mesin pemancang Hydraulic Jack In Pile.

Pada pelaksanaannya terdapat gedung di sekitar lokasi pemancangan yang retak, hal ini diduga akibat dari proses pemancangan tiang pancang.

Oleh karena ini direncanakan fondasi alternatif yakni fondasi bore pile dan tiang pancang dengan metode pelaksanaan yang berbeda. Tujuan dari penelitian studi kasus pada proyek Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum (PU) Semarang adalah sebagai berikut.

- 1) Menentukan besar beban yang terjadi pada perhitungan struktur Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang.
- 2) Menentukan besar daya dukung fondasi eksisting tiang pancang dan fondasi alternatif desain tiang pancang dan bore pile pada Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang.
- 3) Menentukan besar penurunan fondasi eksisting tiang pancang dan fondasi alternatif desain tiang pancang dan bore pile pada Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang.
- 4) Merencanakan pile cap dan tulangan bore pile pada Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang.
- 5) Mengidentifikasi metode pelaksanaan yang digunakan dalam proyek pembangunan Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang.
- 6) Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan struktur bawah Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang.
- 7) Memilih fondasi alternatif untuk tiang pancang dan bore pile dari segi biaya paling ekonomis.

2. METODE

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data proyek pembangunan Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang, buku dan berbagai jurnal penelitian yang relevan, meliputi:

- 1) Gambar Kerja

Digunakan untuk mengetahui beban yang diterima fondasi, selanjutnya dianalisa menggunakan software RSAP dan mengacu pada SNI 1727 tahun 2020 [1], dan SNI 1726 Tahun 2019 [2].

- 2) Data Pengujian Tanah

Digunakan untuk analisa perencanaan fondasi dengan menggunakan rumus perhitungan berdasarkan Uji Tanah SPT.

- 3) HSPK Kota Semarang Tahun 2022

Digunakan sebagai pedoman dalam menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).

- 4) Literatur

Digunakan sebagai dasar analisa dari penyusunan skripsi ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- 1) **Perhitungan Pembebanan Struktur Atas Bangunan**

Digunakan software RSAP untuk mengetahui beban yang diterima oleh fondasi, dan mengacu pada SNI 1727 tahun 2020 [1], dan SNI 1726 Tahun 2019 [2].

- 2) **Koreksi N-SPT**

Perhitungan koreksi nilai N-SPT dilakukan karena terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dalam variasi nilai N-SPT, seperti efisiensi palu SPT, diameter lubang bor, metode pengambilan sampel, dan panjang batang. Koreksi N-SPT dapat diperoleh menggunakan rumus [3]:

$$N_{60} = \frac{C_E C_B C_S C_R N}{0,6}$$

Keterangan:

N₆₀ = efisiensi 60%

C_E = efisiensi hammer borlog

C_B = faktor koreksi diameter bore hole

C_S = faktor koreksi sampel

C_R = faktor koreksi panjang tongkat

N = nilai N-SPT yang tercatat

- 3) **Korelasi Parameter**

Koreksi parameter dilakukan karena ketidaklengkapan data yang diperoleh dari proyek, meliputi:

- a. Nilai kohesi (c_u) (Terzaghi, 1943)

$$c_u = (2/3) \cdot N\text{-SPT}$$

- b. Berat isi jenuh tanah (γ_{sat})

Digunakan tabel korelasi menurut Terzaghi and Peck 1948.

- c. Void ratio (e_o) (Anbazhagan, 2017) [4] dan indeks kompresi (C_c) (Hough, 1957) [5]

$$e = 1,202 N^{-0,217}$$

$$C_c = 0,30 (e_o - 0,27)$$

- 4) **Daya Dukung Izin Tiang Tunggal**

Berdasarkan data Uji SPT pada proyek pembangunan Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum (PU) Semarang menyebutkan jenis tanah pada lokasi proyek yakni kohesif atau lempung. Perhitungan skripsi ini dilakukan untuk fondasi eksisting tiang pancang yakni berdiameter 0,6 m sepanjang 38 m, dan dilakukan perhitungan dua (2) alternatif desain yakni tiang pancang dan bore dengan diameter yang sama namun menggunakan tiga (3) variasi panjang yang berbeda. Untuk fondasi alternatif desain tiang pancang menggunakan tiang sepanjang 35 m, 36 m dan 37 m,

sedangkan bore pile menggunakan variasi panjang yakni 40 m, 41 m dan 42 m. Untuk semua dimensi ini dilakukan juga berdasarkan posisi tiang yakni interior atau eksterior.

Perhitungan daya dukung ijin tiang menggunakan rumus Metode Mayerhof (1956 & 1976) [6]:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = 9 c_u \cdot A_p$$

$$Q_s = \sum f \cdot p \cdot \Delta L$$

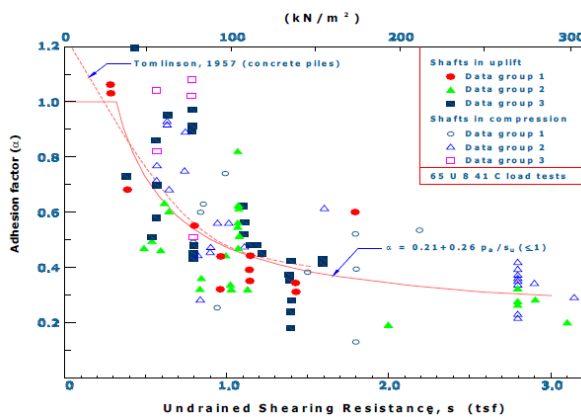
$$Q_s = \sum \alpha \cdot c_u \cdot p \cdot \Delta L$$

Nilai α tiang pancang dapat dipeoleh dengan rumus API (2007) [6], yakni:

$$f_{av} = 0,5(c_u \bar{\sigma}_o')^{0,5}$$

$$\text{atau } 0,5(c_u)^{0,75}(\bar{\sigma}_o')^{0,25}$$

Sedangkan nilai α untuk bore pile dapat menggunakan grafik Kulhawy (1984).



Gambar 1. Penentuan Nilai α Untuk Tiang Bor pada Tanah Lempung (Kulhawy, 1984)

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS}$$

Keterangan:

Q_{all} = kapasitas daya dukung izin

Q_u = kapasitas daya dukung batas

FS = angka keamanan (2,5-3) atau gunakan tabel nilai FS

Tabel 1. Daya Dukung Ultimit (Q_u) dan Daya Dukung Ijin (Q_{all}) Fondasi

Jenis	L (m)	Qp (t)	Qs (t)	Qu	Qall (t)
Tiang Pancang (Eksisting)	38	42,729	431,305	474,034	158,011
	35	56,463	369,223	425,686	141,895
	36	48,070	391,900	439,970	146,657
Tiang Pancang (Alternatif Desain)	37	39,677	413,435	453,112	151,037
	40	47,307	334,181	381,488	127,163
Bore Pile (Alternatif Desain)	41	48,833	346,776	395,609	131,870
	42	48,833	359,371	408,204	136,068

(Sumber: Hasil Analisa)

5) Daya Dukung Kelompok Tiang

Jumlah tiang dapat dihitung dengan rumus:

$$n = Q_v / Q_{all}$$

Keterangan:

n = jumlah tiang

Q_v = gaya aksial struktur hasil analisis software RSAP

Q_{all} = daya dukung ijin tiang

Penentuan jarak antar tiang dalam kelompok tiang umumnya digunakan $d = 3D$ s/d $3,5D$ (D adalah diameter tiang).

Berikut ini merupakan langkah perhitungan daya dukung kelompok tiang [6].

a. Menentukan ΣQ_u dengan asumsi tiang tunggal

$$Q_u = n_1 n_2 (Q_p + Q_s)$$

$$Q_p = A_p [9 \cdot c_u(p)]$$

$$Q_s = \sum \alpha \cdot p \cdot c_u \cdot \Delta L$$

Keterangan:

ΣQ_u = daya dukung ultimate kelompok tiang

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung kulit tiang untuk tiang tunggal

$c_u(p)$ = undrained cohesion pada ujung tiang

p = keliling penampang ujung tiang

α = faktor adhesi/lekatan secara empiris

b. Menentukan ΣQ_u dengan asumsi blok tiang

$$Q_s = \sum p g \cdot c_u \cdot \Delta L = \sum 2 (L_g + B_g) c_u \cdot \Delta L$$

$$Q_p = A_p \cdot c_u(p) \cdot N_c^* = (L_g B_g) c_u(p) \cdot N_c^*$$

$$\Sigma Q = Q_p + Q_s$$

Keterangan:

Nilai N_c^* diperoleh dari kurva variasi N_c^* dengan L_g/B_g dan L/B_g

c. Nilai ΣQ_u terkecil adalah $Q_g(u)$ atau daya dukung kelompok tiang.

Tabel 2. Daya Dukung Kelompok Tiang ($Q_g(u)$) (Interior)

	Jenis	D (m)	L (m)	Asumsi tiang tunggal	Asumsi blok tiang	Qg(u)
Eksisting	Tiang Pancang	0,6	38	2844,207	5942,301	2844,207
			35	2554,118	5868,875	2554,118
Alternatif Desain	Tiang Pancang	0,6	36	2639,821	6485,261	2639,821
			37	2718,669	6468,438	2718,669
	Bore Pile	0,6	40	3433,392	6873,518	3433,392
			41	3560,482	7178,669	3560,482
			42	3673,837	7432,109	3673,837

(Sumber: Hasil Analisa)

Tabel 3. Daya Dukung Kelompok Tiang ($Q_g(u)$) (Eksterior)

	Jenis	D (m)	L (m)	Asumsi tiang tunggal	Asumsi blok tiang	Qg(u)
Eksisting	Tiang Pancang	0,6	38	2844,207	5942,301	2844,207

Alternatif Desain	Tiang Pancang	0,6	35	2554,118	5868,875	2554,118
			36	2639,821	5804,502	2639,821
			37	2718,669	5714,090	2718,669
	Bore Pile	0,6	40	3433,392	6873,518	3433,392
			41	2373,655	6840,659	2373,655
			42	2449,225	7078,739	2449,225

(Sumber: Hasil Analisa)

6) Distribusi Tiang

Berikut ini rumus perhitungan distribusi tiang [7].

$$q_i = \frac{V}{m \cdot n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2}$$

Keterangan:

Qmax = beban max. tiang

qi = beban yang dipikul oleh tiang ke-i

xi = jarak tiang terhadap y

yi = jarak tiang terhadap x

m = jumlah baris tiang di arah sumbu y

n = jumlah baris tiang di arah sumbu x

V = beban aksial yang bekerja pada kelompok tiang

Mx= momen di arah sumbu y = V . ey

My= momen di arah sumbu x = V . ex

ex = eksentrisitas terhadap sumbu y

ey = eksentrisitas terhadap sumbu x

Σx² = jumlah kuadrat dari jarak tiap-tiap tiang ke pusat kelompok tiang

Σy² = jumlah kuadrat dari jarak tiap-tiap tiang ke pusat kelompok tiang

Berikut ini merupakan kontrol perhitungan untuk bore pile dan tiang pancang:

a. Bore pile

$$Q_{max} \leq P_u$$

$$P_u \leq \phi P_n \text{ [8]}$$

$$\phi P_n = 0,85 [0,85 f_c'(A_g - A_{st}) + (f_y \cdot A_{st})]$$

Keterangan:

Pu = beban aksial yang bekerja pada kelompok tiang

φ = faktor reduksi

Pn = kekuatan tekan aksial nominal penampang

Ag = luas penampang beton

Ast = luas total tulangan longitudinal nonprategang.

b. Tiang pancang

$$Q_{max} \leq \text{Allowable Compression pada Spesifikasi Beton Pracetak}$$

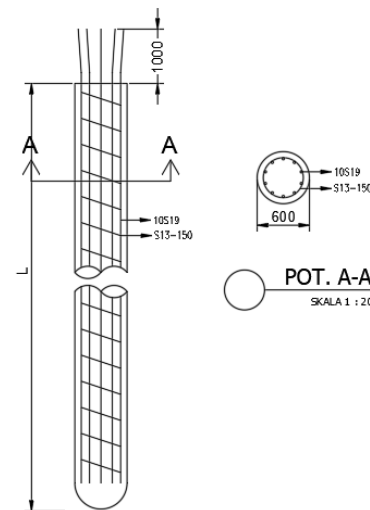
7) Penurunan Fondasi

Penurunan fondasi dilakukan dengan menjumlahkan antara penurunan elastik tiang dan penurunan

konsolidasi. Penurunan elastik tiang menggunakan Metode Mayerhoff (1976) [6].

8) Penulangan Bore Pile

- Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 10.6.1.1 menyebutkan luas tulangan longitudinal harus sekurang-kurangnya 0,01Ag, namun tidak boleh melebihi 0,08Ag [8].
- Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 20.6.1.4.1 menyebutkan selimut beton untuk tulangan tidak boleh kurang dari 50 mm untuk dinding dan pelat dan tidak direkomendasikan kurang dari 65 mm untuk komponen struktur lainnya [8].
- Perhitungan penulangan sengkang berdasarkan SNI 2847-2019. Digunakan tulangan utama 10S19 dengan sengkang S13-150.



Gambar 2. Tulangan Bore Pile

9) Perencanaan Pile Cap

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 13.4.2.1 menyatakan bahwa ketebalan total pile cap harus didesain sedemikian rupa sehingga tinggi efektif tulangan bawah tidak kurang dari 300 mm. Pada pasal 13.4.2.3 juga menyebutkan bahwa pile cap harus didesain sedemikian rupa sehingga dipenuhi untuk fondasi satu arah dan fondasi dua arah [8].

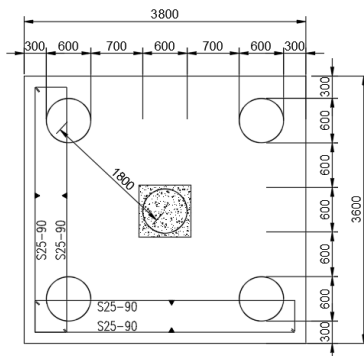
Berdasarkan perhitungan diperoleh tulangan S25-90 pada arah x dan y untuk PC1, sedangkan untuk PC2 pada arah x S25-75 dan arah y S25-110.

Tabel 4. Rekapitulasi Pile Cap

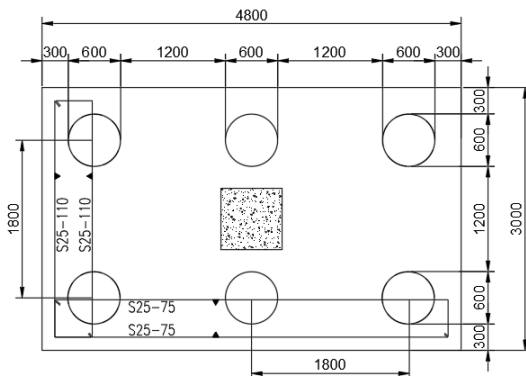
Rekapitulasi Pile Cap					
	Jenis	D (m)	L (m)	Interior	Eksterior
Eksisting	Tiang Pancang	0,6	38	PC 1	PC 1
		0,6	35	PC 1	PC 1

Alternatif Desain	Tiang Pancang		36	PC 1	PC 1
				37	PC 1
			40	PC 2	PC 2
	Bore Pile	0,6	41	PC 2	PC 1
			42	PC 2	PC 1

(Sumber: Hasil Analisa)



Gambar 3. Pile Cap Tipe 1 (PC1)



Gambar 4. Pile Cap Tipe 2 (PC2)

10) Metode Pelaksanaan

• Metode Pelaksanaan Tiang Pancang

Metode pelaksanaan tiang pancang pada gedung direktorat Politeknik Pekerjaan Umum (PU) Semarang menggunakan metode hidrolik (*Hydraulic Jack In*). Berikut tahapan pekerjaannya:

- Pembersihan lahan dan penentuan titik pemancangan
- Mobilisasi dan demobilisasi alat berat:
 - *Trailer 20 ton*
 - *Concrete Mixer*
 - *Concrete Vibrator*
 - *Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)*
 - *Crane on wheel 10-15 ton*
 - *Crane on Track*
 - *Concrete Pile Cutter 4140*

- Persiapan alat pemancang HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*), pastikan alat pemancang berada di posisi rata horizontal.
- Penyimpanan tiang pancang pada lokasi pemancangan dengan disusun seperti piramida.
- Proses pemancangan:
 - Tiang pancang diangkat dan di-setting pada alat HSPD dengan cara mengikat sling angkat pada posisi marking untuk penegakan tiang pancang,
 - Tiang pancang ditekan pada titik rencana fondasi.
 - Periksa vertikalitas tiang pancang setiap 50 cm penekanan tiang dengan waterpass sampai kedalaman 2 meter.
 - Penyambungan tiang pancang dengan pengelasan penuh pada celah antar pelat sambung.
 - Pemancangan dilanjutkan hingga mencapai kedalaman sesuai rencana.

• Metode Pelaksanaan Bore Pile

Metode pelaksanaan bore pile pada gedung direktorat Politeknik Pekerjaan Umum (PU) Semarang menggunakan metode casing untuk menghindari kelongsoran tanah selama proses pengeboran. Berikut tahapan pekerjaannya:

- Pembersihan lokasi dan penentuan titik pengeboran.
- Mobilisasi dan demobilisasi alat berat:
 - *Trailer 20 ton*
 - *Concrete Mixer*
 - *Concrete Vibrator*
 - *Bore Pile Machine*
 - *Bar Bender*
 - *Crane on Track*
- Pekerjaan Fondasi Bore Pile:
 - Pekerjaan pengeboran dilakukan pada titik-titik fondasi yang telah dilakukan sebelumnya, proses pengeboran menggunakan *Bore Pile Machine*,
 - Setelah dilakukan pengeboran awal, kemudian dilakukan pemasangan casing sepanjang 6 meter, dengan bantuan crane untuk menyesuaikan posisi casing
 - Perakitan tulangan bore pile dilakukan di dekat lokasi pengeboran, dengan bantuan *bar bender* sebagai penekuk besi tulangan.

- iv. pemasangan tulangan ke dalam lubang bor, pekerjaan ini dilakukan dengan bantuan *crane*.
- v. Pengecoran tiang bor dimulai dengan memasangkan pipa tremie ke dalam lubang bor,
- vi. pembukaan casing sementara (temporary casing) dengan bantuan crane.

• Metode Pelaksanaan Pile Cap

- a. Pekerjaan galian tanah untuk pile cap digali sesuai dengan ukuran dan kedalaman atau elevasi yang sudah direncanakan sesuai gambar rencana.
- b. Pekerjaan pembobokan tiang ini dilakukan untuk proses penyambungan fondasi dengan pile cap.
- c. Pada dasar galian diberi urugan pasir setebal 100 mm lalu dipadatkan dan dilanjutkan dengan pekerjaan lantai kerja.
- d. Pekerjaan lantai kerja dilakukan setebal 50 mm di atas urugan pasir.
- e. Pekerjaan bekisting pile cap menggunakan batako putih.
- f. Perakitan tulangan pile cap dilakukan di dekat lokasi pengeboran, dengan bantuan bar bender sebagai penekuk besi tulangan.
- g. Pengecoran pile cap dilakukan dengan beton ready mix, agar semua beton dapat masuk ke dalam tulangan maka digunakan alat vibrator untuk meratakannya.
Urugan tanah dihampar dan diratakan hingga membentuk ketebalan sesuai gambar rencana.

11) Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) didapatkan dari perkalian antara volume pekerjaan dengan analisa harga satuan pekerjaan.

Tabel 5. Rekapitulasi Perbandingan RAB

Jenis	D (m)	L (m)	Biaya	
Tiang Pancang (Eksisting)	0,6	38	Rp	9.793.597.742,14
		35	Rp	6.289.684.587,61
Tiang Pancang (Alternatif Desain)	0,6	36	Rp	6.369.825.228,24
		37	Rp	6.449.965.868,86
Bore Pile (Alternatif Desain)	0,6	40	Rp	8.647.720.086,78
		41	Rp	7.948.668.526,67
		42	Rp	8.068.608.380,75

(Sumber: Hasil Analisa)

12) Pemilihan Fondasi

Berdasarkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) di atas maka dipilih fondasi dengan biaya paling ekonomis, yakni:

- a. Variasi alternatif desain dipilih tiang panjang diameter 0,6 m sepanjang 35 m dengan pile cap interior dan eksterior adalah PC1 dan RAB Rp 6.289.684.588.
- b. Variasi alternatif desain dipilih bore pile diameter 0,6 m sepanjang 41 m dengan pile cap interior PC2 dan eksterior PC1, dan RAB Rp 7.948.668.527.

4. KESIMPULAN

Berikut ini merupakan kesimpulan yang dapat diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya.

- 1) Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan software RSAP maka dipilih nilai aksial ASD dan LRFD terbesar. Untuk kombinasi beban ASD dipilih $U_{6a} = 1,2DL + 1,0LL + 1,3Ex + 0,39Ey$, sedangkan untuk kombinasi beban LRFD $U_{9e} = 1,0DL + 0,75LL + 0,68Ex + 0,21Ey$.
- 2) Nilai daya dukung untuk fondasi eksisting tiang pancang adalah 474,034 ton, fondasi alternatif desain tiang pancang untuk panjang 35 m, 36 m, 37 m berturut-turut adalah 425,686 ton, 439,970 ton, dan 453,112 ton, sedangkan untuk fondasi alternatif desain bore pile untuk panjang 40 m, 41 m, 42 m berturut-turut adalah 381,488 ton, 395,609 ton, dan 408,204 ton.
- 3) Besar nilai penurunan untuk fondasi eksisting tiang pancang adalah 152,9602 mm (kelompok tiang daerah interior) dan 146,7289 mm (kelompok tiang daerah eksterior). Untuk alternatif desain fondasi tiang pancang sepanjang 35 m, 36 m, 37 m pada interior berturut-turut adalah 153,6353 mm, 154,4841 mm, dan 153,2348 mm, sedangkan untuk eksterior berturut-turut adalah 147,2346 mm, 148,0875 mm, dan 148,1696 mm. Untuk alternatif desain fondasi bore pile sepanjang 40 m, 41 m, 42 m pada interior berturut-turut adalah 143,9237 mm, 144,2685 mm, dan 307,1492 mm, sedangkan untuk eksterior berturut-turut adalah 134,4644 mm, 146,8295 mm, dan 309,4431 mm.
- 4) Alternatif desain fondasi bore pile menggunakan 10S19 dengan tulangan sengkang S13-150. Sedangkan untuk perhitungan pile cap diperoleh 2 jenis pile cap yakni PC1 (3800 x 3600 mm berjumlah 5 tiang), PC2 (4800 x 3000 mm berjumlah 6 tiang). untuk tulangan yang digunakan PC1 pada arah x dan y sama yakni S25 – 90, sedangkan untuk PC2 pada arah x menggunakan S25 - 75 dan pada arah y menggunakan S25 - 110.

- 5) Metode pelaksanaan tiang pancang menggunakan Hydraulic Jack In sedangkan bore pile menggunakan Bore Pile Drilling Machine dengan Temporary Casing. Metode pelaksanaan untuk tiang pancang dimulai dari persiapan lahan, mobilisasi & demobilisasi alat berat, persiapan alat pemancang & penyimpanan tiang pancang, proses pemancangan, dan dilanjutkan pekerjaan pile cap. Sedangkan untuk bore pile dimulai dari persiapan lahan, mobilisasi & demobilisasi alat berat, pengeboran dan pemasangan casing, pembesian bore pile, pengecoran dan pembukaan temporary casing, dilanjutkan dengan pekerjaan pile cap.
- 6) Rencana anggaran biaya untuk fondasi eksisting tiang pancang 38 m adalah sebesar Rp 9.793.597.742. Untuk alternatif desain fondasi tiang pancang sepanjang 35 m, 36 m, 37 m berturut-turut Rp 6.289.684.588, Rp 6.369.825.228, dan Rp 6.449.965.869. Sedangkan untuk alternatif desain fondasi bore pile sepanjang 40 m, 41 m, 42 m berturut-turut adalah Rp 8.647.720.087, Rp 7.948.668.527, dan Rp 8.068.608.381.
- 7) Alternatif desain fondasi dari segi biaya untuk tiang pancang adalah tiang berdiameter 0,6 m sepanjang 35 m, sedangkan untuk bore pile adalah tiang berdiameter 0,6 m sepanjang 41 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, "Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain," SNI 1727:2020.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung," SNI 1726:2019.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT," SNI 4153:2008.
- [4] Anbazhagan, "Soil Void Ratio Correlation with ShearWave Velocities and SPT N Values for Indo-Gangetic Basin," Journal of the Geological Society of India, vol. 89, pp. 398-406, 2017.
- [5] Kementerian PUPR, in Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Fondasi, Jakarta, 2019, p. 29.
- [6] Braja M. Das, Principles of Foundation Engineering, 9th ed., Boston MA, USA: Cengage Learning, 2019.
- [7] Hanafizah H.Z., Z. J. M. R., 2020. Rekayasa Fondasi untuk Program Vokasi. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan," SNI 2847:2019, 2019.