

PERENCANAAN PONDASI TIANG BOR PADA PROYEK CIKINI GOLD CENTER

*Ega Julia Fajarsari*¹
*Sri Wulandari*²

^{1,2}*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Gunadarma*

¹*ega_julia@student.gunadarma.ac.id*

²*sri_wulandari.staff.gunadarma.ac.id*

Abstrak

Dalam pembangunan suatu konstruksi pertama – tama sekali yang dilaksanakan dan dikerjakan dilapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah) barulah kemudian melaksanakan pekerjaan struktur atas. Pembangunan suatu pondasi sangat besar fungsinya pada suatu konstruksi karena pondasi merupakan bagian terpenting dalam bangunan. Untuk itu adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pondasi yaitu sifat tanah yang akan dibangun, beban-beban yang terjadi, dan material yang digunakan. Karakteristik jenis tanah pada proyek pembangunan Cikini Gold Center ini adalah tanah kohesif atau tanah berbutir halus. Untuk itu, dalam perhitungan daya dukung ujung tiang menggunakan metode Mayerhof dan daya dukung selimut tiang menggunakan metode Metode Alpha (Tomlinson). Perhitungan penurunan tiang tunggal menggunakan metode semi empiris dan penurunan kelompok tiang menggunakan metode empiris yang dikeluarkan oleh Meyerhof. Penulangan pondasi mengacu pada SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh dimensi pondasi tiang bor dengan diameter 1 m serta panjang tiang 20 m. Daya dukung terbesar adalah sebesar 419,84 ton. Penurunan terbesar yang terjadi adalah sebesar 0,01 m. Fondasi menggunakan tulangan 40d16 untuk tulangan longitudinal dan d13 – 30 untuk tulangan geser. Tebal pile cap terbesar yang digunakan berukuran 1.5 m serta menggunakan tulangan antara d32 – 20 sampai d32 – 100. Harga beton untuk satu pondasi sebesar Rp 12.952.500,00 dan harga beton untuk seluruh pondasi yang digunakan sebesar Rp 2.137.162.500,00.

Kata kunci: *pondasi tiang bor, daya dukung, penurunan pondasi*

PENDAHULUAN

Pembangunan suatu konstruksi pertama-tama sekali yang dilaksanakan dan dikerjakan dilapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah) barulah kemudian melaksanakan pekerjaan struktur atas. Pembangunan suatu pondasi sangat besar fungsinya pada suatu konstruksi. Secara umum pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure*) ke lapisan tanah dibawahnya.

Struktur bawah sebagai pondasi bangunan secara umum dibedakan antara pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya, dan perbandingan antara kedalaman pondasi dengan lebar pondasi. Sebelum merancang pondasi dibutuhkan data tanah (*boring log*) yang akurat untuk menentukan pilihan jenis pondasi, kapasitas daya dukungnya, dan menentukan metode konstruksi yang efisien.

Pada proyek ini dilakukan beberapa penyelidikan tanah yaitu drilling log,

grafik sondir, uji konsolidasi, kuat geser dan uji gradasi butiran tanah.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pondasi tiang adalah sifat tanah yang akan dibangun, beban-beban yang terjadi, material yang digunakan dan biaya yang diperlukan. Pondasi merupakan bagian terpenting dalam bangunan sehingga dalam perancangan dan konstruksi pondasi harus mempelajari dan memeriksa dengan sebaik - baiknya. Adapun tujuan dari penulisan ini adalah untuk merencanakan desain pondasi tiang pada proyek Cikini *Gold Center* secara manual.

Dan untuk mencapai tujuan tersebut, maka dilakukan pembatasan masalah yaitu pada perencanaan desain pondasi tiang menggunakan cara manual.

METODE PENELITIAN

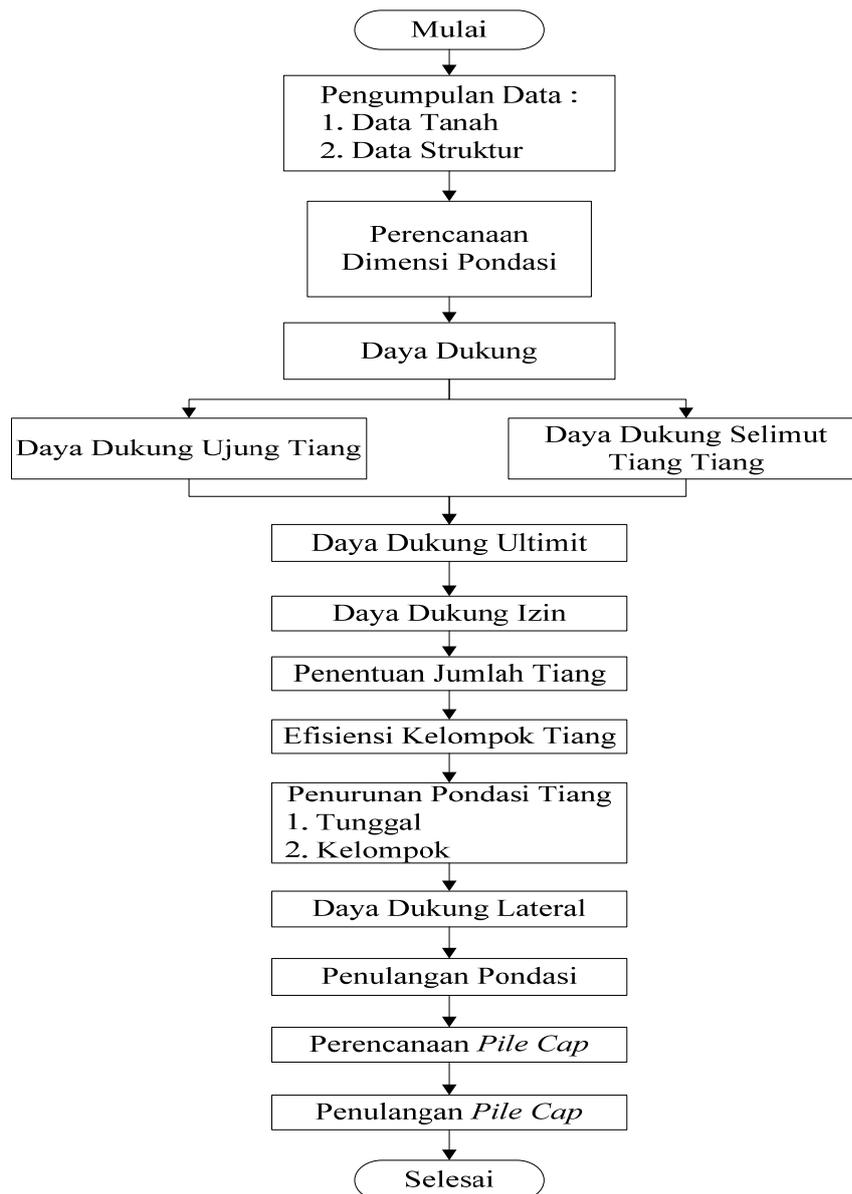
Tahap perencanaan ini merupakan tahap perhitungan desain pondasi secara manual dengan menggunakan beberapa metode dalam perhitungan masing-masing bagiannya. Dimulai dari penentuan dimensi pondasi, jumlah tiang dalam kelompok pondasi, daya dukung pondasi, penurunan pondasi, daya dukung akibat beban lateral, penulangan pondasi, penentuan dimensi *pile cap* dan penulangannya. Perencanaan pondasi secara manual dilakukan dengan menggunakan beberapa metode.

1. Daya dukung pondasi akibat beban aksial (vertikal)
 - a. Daya dukung ujung tiang
Kapasitas daya dukung ujung tiang terletak pada tanah kohesif.

Dalam hal ini penulis menggunakan metode *Mayerhof*.

- b. Daya dukung selimut tiang
Kapasitas daya dukung selimut tiang terletak pada tanah kohesif. Dalam hal ini penulis menggunakan metode *Alpha (Tomlinson)*.
2. Efisiensi kelompok tiang
Perhitungan efisiensi kelompok tiang menggunakan metode yang dikeluarkan oleh *Poulos and Davis*.
3. Penurunan Pondasi Tiang Bor (*Settlement*)
Perhitungan penurunan pondasi tiang bor tunggal menggunakan metode semi empiris, sedangkan untuk penurunan kelompok tiang pondasi tiang bor digunakan metode yang dikeluarkan oleh *Meyerhof*.
4. Daya dukung pondasi akibat beban lateral (horizontal)
Perhitungan daya dukung lateral pondasi tiang bor ini menggunakan metode *Evans and Duncan's Method*.
5. Penulangan pondasi
Perhitungan penulangan pondasi berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
6. Penentuan dimensi dan penulangan *pile cap*
Perhitungan dimensi dan penulangan *pile cap* berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

Pada diagram alir dibawah ini akan dijelaskan perencanaan pondasi tiang bor dengan cara manual.



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Desain Pondasi Tiang Bor dengan Cara Manual

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Tahap perancangan pondasi dimulai dengan menentukan dimensi pondasi yang akan digunakan. Pondasi kemudian dianalisis daya dukungnya berdasarkan dimensi pondasi yang telah didapat dan

data karakteristik tanah yang telah diperoleh dari hasil penyelidikan tanah.

1. Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Perhitungan daya dukung ujung tiang direncanakan dengan menggunakan dimensi D . Berikut ini contoh perhitungan daya dukung ujung tiang berdasarkan data Boring Hole (BH-1).

Tabel 1.
Data karakteristik lapisan tanah berdasarkan data *Boring Hole-1*

		Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	Lapisan 4	Lapisan 5
H	m	2,5	8,5	11,5	16,5	20
L	m	2,5	6	3	5	3,5
Y	ton/m ³	1,647	1,476	1,646	1,519	1,6
c _u	ton/m ²	1,8	1	1,2	4,4	8,98
φ	°	8	12,5	15,75	12	28
NSPT		3	8,5	9	20	60
α		1,25	1,25	1,25	1,25	1,25

Berdasarkan data karakteristik tanah di atas, ujung tiang terletak pada tanah kohesif. Dalam hal ini penulis menggunakan metode Meyerhof (Braja M Das 1988), yaitu :

$$Q_p = A_p \times c \times N_c'$$

Dimana : Q_p = Kapasitas daya dukung ujung (t)

A_p = Luas penampang ujung tiang (m²)

c = Nilai kohesi pada ujung tiang

N_c' = Faktor daya dukung yang telah disesuaikan untuk tanah di bawah

ujung tiang

Daya dukung ujung pondasi tiang yang didapat adalah 181,87 D² ton

2. Perhitungan Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

Tiang terletak pada tanah kohesif, dalam hal ini penulis menggunakan metode *Alpha* (Tomlinson 1975) yaitu :

$$Q_s = \sum A_s \cdot f$$

$$A_s = p \cdot \Delta L$$

$$f = \alpha \cdot C_u$$

Dengan : A_s = Luas selimut tiang (m²)

p = Keliling tiang (m²)

ΔL = Panjang tiang (m)

f = Gesekan selimut

α = Faktor adhesi

C_u = Kohesi tanah *undrained*

Berdasarkan perhitungan daya dukung selimut total yang didapat adalah 23,550 D ton.

$$P = Q_p + Q_s - W_p$$

$$421,14 = 181,87 D^2 + 265,055 D - 37,68 D$$

Dari persamaan yang di dapat maka, dimensi untuk pondasi tiang yang dipakai adalah 1 m.

3. Perhitungan Daya Dukung Ultimit Tiang (Q_u)

Kapasitas ultimit netto tiang tunggal (Q_u) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_b) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang. (Hary Christady Hardiyatmo. 2006) Maka, daya dukung ultimit tiang (Q_u) yang di dapat adalah 409,247 ton.

4. Perhitungan Daya Dukung Izin

Perhitungan daya dukung izin di peroleh dengan membagi daya dukung ultimit tiang dengan factor keamanan. Faktor aman yang disarankan oleh Reese & O'Neill (1989), untuk struktur bangunan permanen dengan control sedang diambil factor keamanan = 2,5.

$$Q_{(total\ ijin)} = \frac{Q_u}{FK}$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung total (t)

Q_p = Kapasitas daya dukung ujung (t)

Q_s = Kapasitas daya dukung selimut tiang (t)

FK = Faktor aman

Maka, daya dukung izin yang diperoleh berdasarkan perhitungan adalah :

Tabel 2.
Daya Dukung Izin

NO	BORING HOLE	DAYA DUKUNG (ton)
1	BH – 1	163.699
2	BH – 2	147.894
3	BH – 3	247.519

5. Perhitungan Penentuan Jumlah Tiang

Jumlah tiang pondasi adalah hasil pembagian antara beban per kolom dengan daya dukung izin pondasi. Berikut ini contoh perhitungan penentuan jumlah tiang pada titik J11. Pada titik J11, perhitungan daya dukung didasarkan pada *Boring Hole* (BH-1), dan beban vertikal yang disalurkan oleh kolom ke pondasi sebesar 421,14 ton.

$$n = \frac{P}{Q_{izin}}$$

Dimana: n = jumlah tiang fondasi.

P = beban per kolom (ton).

Q_{izin} = daya dukung izin

fondasi tiang (ton)

Maka, jumlah tiang pada titik J11 adalah 3 buah.

6. Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang

Pada perhitungan efisiensi kelompok tiang ini penulis menggunakan metode Poulos and Davis. Berikut ini contoh perhitungan efisiensi kelompok tiang pada titik J11. Perhitungan daya dukung tiang pada titik J11 didasarkan pada data *Boring Hole* (BH-1).

$$\frac{1}{e^2} = 1 + \frac{n \cdot Q_u^2 (\sin gle)}{Q_u^2 (group)}$$

Dimana:

e = efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang fondasi

Jadi, efisiensi yang diperoleh pada titik J11 adalah 95 %.

7. Perhitungan Penurunan Pondasi (*Settlement*)

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap (Hary Christady Hardiyatmo 2008). Jika seluruh permukaan tanah di bawah dan di sekitar bangunan turun secara seragam dan penurunan yang terjadi tidak berlebihan, maka turunnya bangunan tidak akan nampak oleh pandangan mata dan penurunan yang terjadi tidak akan menyebabkan kerusakan bangunan. Contoh perhitungan penurunan pondasi tiang pada titik 3 dibawah ini.

a. Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode semi empiris.

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

Dimana:

s = penurunan tiang total (m).

s_1 = penurunan sepanjang tiang (m).

s_2 = penurunan tiang akibat beban pada ujung tiang (m).

s_3 = penurunan tiang akibat beban yang diteruskan sepanjang tiang.

Jadi, penurunan pondasi tiang tunggal yang diperoleh adalah :

Tabel 3.
Penurunan Pondasi tiang Tunggal

NO	BORING HOLE	PENURUNAN (m)
1	BH – 1	0,11
2	BH – 2	0,09
3	BH – 3	0,13

b. Penurunan Kelompok Tiang

Untuk menghitung penurunan kelompok tiang, banyak metode yang dapat digunakan. Dalam hal ini penulis menggunakan metode yang dikeluarkan oleh Meyerhof (1976).

$$\delta = \frac{0,17 \cdot B_r \cdot q_e' \cdot I \sqrt{B_g / B_r}}{\sigma_r \cdot N_{60}'}$$

Dimana:

δ = penurunan kelompok tiang (m).

B_r = lebar *reference* = 0,3 m.

q_e' =tekanan ujung ekivalen
= $P_g / (B_g \cdot L_g)$ (ton/m²).

B_g = lebar grup tiang (m).

L_g = panjang grup tiang (m).

σ_r = tekanan *reference* = 2000 lb/ft² = 100 kPa (ton/m²).

N_{60}' = nilai N-SPT pada kedalaman z_i sampai $z_i + B_g$.

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan pondasi tiang kelompok yang diperoleh adalah 0,0037 m sampai 0,01 m.

8. Perhitungan Daya Dukung Tiang Terhadap Beban Lateral

Pondasi tiang sering harus dirancang dengan memperhitungkan beban-beban horizontal atau lateral, seperti, beban angin, tekanan tanah lateral, beban gelombang air, benturan kapal, dll . Besarnya beban lateral yang harus didukung pondasi tiang bergantung pada rangka bangunan yang mengirimkan gaya lateral tersebut ke kolom bagian bawah. Defleksi yang terjadi akibat beban lateral adalah sebesar 1/4 inch atau 0,00635 m (Duncan, J.M. and Evans. L.T. 1982). Daya dukung lateral tiang tunggal yang diperoleh berdasarkan perhitungan adalah :

Tabel 4.
Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal

NO	BORING HOLE	DAYA DUKUNG LATERAL (ton)
1	BH – 1	4,53
2	BH – 2	5,41
3	BH – 3	11,69

Untuk daya dukung kelompok lateral kelompok tiang diperoleh sebesar 13,6 ton sampai 46,75 ton.

9. Penulangan Pondasi

Perhitungan tulangan pondasi pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Berikut ini contoh perhitungan tulangan pondasi berdasarkan data *Boring Hole* (BH-1).

a. Tulangan Longitudinal

Berdasarkan hasil perhitungan menurut SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung tulangan Longitudinal yang digunakan pada pondasi ini berjumlah 40 dengan diameter 16 mm.

b. Tulangan Geser

Berdasarkan pasal 9.7, untuk beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah, tebal selimut beton minimal adalah 75 mm. maka diambil tebal selimut beton rencana (d_c) = 75 mm. tulangan geser yang digunakan berdiameter 13 mm dengan jarak 30 mm.

10. Penentuan Dimensi Dan Penulangan *Pile Cap*

Pile Cap adalah salah satu bagian dari struktur bawah yang berfungsi sebagai pengikat untuk kelompok pondasi tiang. Untuk menanggulangi tegangan pada pelat penutup tiang yang terlalu besar, tiang-tiang sebaiknya dipasang dengan bentuk geometri yang tersusun dengan baik. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh dimensi *pile cap* yang bervariasi pada setiap titik pondasi yaitu dengan panjang dan lebar antara 1,3 m sampai 7,3 m dan tebal *pile cap* juga bervariasi yaitu 0,9 m, 1 m, 1,2 m, sampai 1,4 m serta tulangan *pile cap* yang digunakan bervariasi antara D25 – 30 sampai d25 – 90.

11. Perhitungan Biaya Pondasi

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh biaya untuk pondasi sebesar Rp 2.137.162.500,00.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan,

1. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh desain dimensi pondasi tiang bor dengan diameter 1 m dan panjang tiang 20 m.
2. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh daya dukung pondasi tiang bor sebesar 147.894 ton sampai 247.519 ton.
3. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh penurunan pondasi tiang bor tunggal sebesar 0,09 m sampai 0,13 m. Sedangkan untuk penurunan kelompok tiang diperoleh penurunan terbesar sebesar 0,003 m sampai 0,01 m.
4. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh daya dukung lateral tiang bor sebesar 4,53 ton sampai 11,69 ton. Defleksi yang terjadi akibat beban lateral adalah sebesar 1/4 inch atau 0,00635 m.
5. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh dimensi *pile cap* yang bervariasi pada setiap titik pondasi yaitu dengan panjang dan lebar antara 1,3 m sampai 7,3 m dan tebal *pile cap* juga bervariasi antara 1 m sampai 1,4 m.

Saran

Untuk pengujian laboratorium sebaiknya dilakukan sampai kedalaman pondasi yang direncanakan, agar data karakteristik tanah yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Duncan, J.M. and Evans. L.T. 1982. *Simplified Analysis of Laterally Loaded Piles*. University of California : Department of Civil Engineering.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Teknik Fondasi 1, Cetakan Ketiga*. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2008. *Teknik Fondasi 2, Cetakan Keempat*, Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Meyerhof, G, G. (1976), *Bearing capacity and settlement of pile foundation*, Jurnal of Geotechnical Engineering Division, Proceedings, ASCE, v. 102, no. GT3, pp. 197-228
- Tomlinson, M. J. 1975. *Pile Design and Construction Practice*. London: A Viewpoint Publication.