

## **ANALISA PERBANDINGAN PONDASI TIANG PANCANG DENGAN TIANG BOR BERDASARKAN MUTU, EFISIENSI KONSTRUKSI DAN BIAYA KONSTRUKSI PADA BANGUNAN GEDUNG KLINIK**

**Anissa Maria Hidayati, Made Dodiek Wirya Ardana, dan Ni Made Wirati Sukma**  
*Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar*  
*Email: anissamh@yahoo.com*

**ABSTRAK:** Pondasi dalam terbagi menjadi dua yaitu pondasi tiang pancang serta pondasi tiang bor. Pemilihan pondasi didasarkan pada kondisi lapangan, apabila sulit dijangkau lebih baik menggunakan pondasi tiang bor, apabila akses tersedia maka lebih baik menggunakan pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pondasi tiang bor yaitu dari segi daya dukung, konstruksi lapangan serta biaya. Maka direncanakan analisis perhitungan pondasi tiang pancang dan tiang bor untuk memperoleh hasil perbandingan dari segi daya dukung, ekonomis serta konstruksi. Analisis daya dukung tiang tunggal didasarkan pada data SPT proyek Gedung Grha Prodia Denpasar. Diperoleh hasil daya dukung pondasi tiang pancang penampang lingkaran 17,83% lebih besar dibandingkan dengan pondasi tiang bor. Untuk biaya pelaksanaan pondasi tiang bor 23,04% lebih mahal daripada pondasi tiang pancang penampang lingkaran. Jumlah tiang yang akan diaplikasikan di lapangan pondasi tiang bor 29,36% lebih banyak dibandingkan pondasi tiang pancang lingkaran. Dari hasil tersebut disarankan untuk menggunakan pondasi tiang pancang lingkaran karena lebih unggul dari segi mutu, efisien dalam pelaksanaan serta biaya pelaksanaan yang lebih murah dibanding pondasi tiang bor.

**Kata kunci:** Pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor, daya dukung pondasi, ekonomis, efisien

### ***COMPARISON ANALYSIS OF PILE FOUNDATION WITH BORED PILE BASED ON QUALITY, CONSTRUCTION EFFICIENCY, AND CONSTRUCTION COSTS IN THE CLINIC BUILDING***

**ABSTRACT:** *Pile foundation is divided into two, namely, driven pile and bored pile. The selection of pile foundation depends on the ease of access to the site. When access is available for driven equipment, then the driven pile is considered to be preferable. Pile foundations have several advantages compared to bored pile foundations in terms of bearing capacity, field construction, and cost. The study is conducted to analyze the driven pile and bored pile foundation in order to obtain comparable results in field of bearing capacity, economy, and construction method. The single pile bearing capacity analysis is based on the SPT data of the Denpasar Grha Prodia Building project. The results showed that the bearing capacity of the driven pile foundation with a circular cross-section is 17,83% greater than that of the bored pile foundation. The cost of implementing the bored pile foundation is 23,04% more expensive than the circular cross-section pile foundation. The number of piles that will be applied on the bored pile foundation field is 29,36% greater than the circular pile foundation. From these results, it is recommended to use a circular pile foundation since it is superior in quality, implementation efficiency, and lower implementation costs than bored pile foundations respectively.*

**Keywords:** *pile foundation, bored pile, bearing capacity, economics, efficient*

**PENDAHULUAN**

Perencanaan pondasi tiang harus memenuhi kriteria mampu memikul beban dengan faktor keamanan tertentu serta tidak mengalami defleksi melebihi batas toleransi. (Hakam, 2008). Pondasi tiang yang paling umum digunakan adalah pondasi tiang bor dan tiang pancang. Pondasi tiang bor memiliki keunggulan yaitu fleksibel dalam pelaksanaan di lapangan namun memiliki kekurangan yaitu mutu yang tidak dapat dikontrol sehingga kualitas tiang tidak dapat dijamin. Berbeda dengan pondasi tiang pancang, diproduksi secara *precast* menghasilkan tiang dengan mutu yang terjamin sehingga kualitas tiang dapat diperhitungkan dengan matang. Selain itu, end bearing pile dan friction pile dari pondasi tiang pancang dapat diperhitungkan. (Ir. Sadrjono HS, 1988).

Kekurangan dan kelebihan masing-masing pondasi menyebabkan perbedaan mutu yang cukup signifikan. Perencanaan ini membandingkan mutu, biaya dan efisiensi konstruksi dari pondasi tiang bor dan tiang pancang agar memperoleh pondasi yang lebih cocok untuk konstruksi gedung klinik khususnya Gedung Grha Prodia Denpasar. Pertimbangan yang diutamakan adalah mutu pondasi, dimana hal ini dapat harus dapat memenuhi kriteria pondasi tiang.

Pelaksanaan konstruksi pondasi tiang pancang lebih efisien dilakukan karena tersedia metode yang cukup banyak, namun untuk konstruksi pada pemukiman padat penduduk dapat menggunakan metode hidrolik karena tidak menimbulkan getaran sehingga tidak mengganggu lingkungan sekitar. (Jawat, 2016). Perencanaan ini bertujuan untuk memperoleh perbandingan pondasi tiang pancang penampang persegi, segitiga dan lingkaran dengan pondasi tiang bor dari segi aman berdasarkan daya dukung, segi ekonomis berdasarkan biaya konstruksi serta segi efisien berdasarkan pelaksanaan konstruksi di lapangan.

**MATERI DAN METODE**

**Standart Penetration Test (SPT)**

Metode uji yang digunakan untuk memperoleh perlawanan dinamik tanah serta pengambilan contoh tanah disebut *Standart Penetration Test* (SPT). (SNI 4153-2008, 2008). Untuk menghitung nilai tenaga

terkoreksi N60 dapat menggunakan rumus (1):

$$(N_1)_{60} = NM \times CN \times CE \times CB \times CR \times CS \quad (1)$$

$$CN = 2,2 / (1,2 + (\frac{\sigma'_{vo}}{Pa})) \quad (2)$$

dengan:

$(N_1)_{60}$  = Nilai SPT koreksi pengaruh efisiensi tenaga 60%

$NM$  = Hasil uji SPT di lapangan

$CN$  = Faktor koreksi tegangan vertikal efektif

$CE$  = Faktor koreksi rasio tenaga palu

$CB$  = Faktor koreksi diameter bor

$CR$  = Faktor koreksi panjang batang

$CS$  = Koreksi tabung contoh dengan atau tanpa pelapis

$\sigma'_{vo}$  = Tegangan vertikal efektif

$Pa$  = Tekanan atmosfer

**Daya Dukung Pondasi Tiang**

Daya dukung pondasi tiang dapat dihitung berdasarkan data SPT menggunakan rumus (3) dan (4) (Redana, 2009) dan (Das, 2007) :

$$Q_u = A_b q_f + A_s f_s \quad (3)$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{FS} \quad (4)$$

dengan :

$Q_u$  = Daya dukung ultimit pondasi tiang tunggal (kN)

$A_b$  = Luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

$q_f$  = Intensitas tahanan ujung tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$A_s$  = Luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)

$f_s$  = Intensitas tahanan geser tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$Q_{ijin}$  = Daya dukung ijin pondasi tiang tunggal (kN)

$FS$  = Faktor keamanan pondasi tiang (FS = 2,5)

**Daya Dukung Pondasi Tiang Kelompok**

Daya dukung pondasi tiang kelompok dapat menggunakan rumus (4) dan (5) :

$$E_f = 1 - \theta \frac{(n - 1)m + (m - 1)n}{90mn} \quad (4)$$

$$Q_{group} = E_f n Q_{sp} \quad (5)$$

dengan:

$E_f$  = Efisiensi kelompok tiang

$\theta$  = Arctan d/s (°)

$n$  = Banyak tiang dalam satu baris

- $m$  = Jumlah baris
- $Q_{group}$  = Daya dukung tiang kelompok (kN)
- $n$  = Banyak tiang (buah)
- $Q_{sp}$  = Daya dukung untuk satu tiang (kN)

Perhitungan beban yang bekerja pada pondasi dihitung menggunakan rumus (6):

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_x Y_{max}}{\Sigma Y^2} \pm \frac{M_y X_{max}}{\Sigma X^2} \quad (6)$$

dengan :

- $P_{max}$  = Beban maksimum tiang (kN)
- $\Sigma V$  = Jumlah beban vertikal (kN)
- $n$  = Banyaknya tiang
- $M_x$  = Momen tegak lurus sumbu X (kNm)
- $M_y$  = Momen tegak lurus sumbu Y (kNm)
- $Y_{max}$  = Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang (m)
- $X_{max}$  = Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang (m)
- $\Sigma Y^2$  = Total kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang (m<sup>2</sup>)
- $\Sigma X^2$  = Total kuadrat absis-absis tiang pancang (m<sup>2</sup>)

**Beban Lateral dan Defleksi Pada Pondasi**

Beban lateral pada pondasi kondisi tiang panjang dapat dihitung menggunakan rumus (7) (Hardiyatmo, 2008):

$$Hu = 2 My / (e + \frac{2f}{3}) \quad (7)$$

dengan :

- $Hu$  = Gaya lateral ultimit (kN)
- $My$  = Momen tahanan bahan tiang (kNm)
- $e$  = Jarak beban ke muka tanah (m)
- $f$  = Jarak ke titik gaya lintang sama dengan nol (m)

Menurut Mc Nulty struktur bangunan beban lateral yang diijinkan berkisar 6 mm sampai 12 mm. (Aulia et al., 2019). Defleksi dapat dihitung menggunakan rumus (8) :

$$y_0 = \frac{0,93 H}{(n_h)^{\frac{3}{5}} (Ep Ip)^{\frac{2}{5}}} \quad (8)$$

dengan :

- $y_0$  = Defleksi
- $H$  = Gaya lateral diijinkan
- $n_h$  = Koefisien variasi modulus
- $Ep$  = Modulus elastis tiang
- $Ip$  = Inersia penampang tiang

**Penulangan Pondasi Tiang dan Pile Cap**

Penulangan dihitung menurut SNI-03-2847-2002 untuk kuat geser *pile cap*. (SNI 03-2847-2002, 2002). SNI 2847:2013 untuk kuat geser pondasi tiang. (SNI 2847:2013, 2013). Penulangan Pondasi tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan waktu pengangkatan. (Ir. Sadrjono HS, 1988). Khusus untuk penampang lingkaran digunakan perhitungan penampang ekuivalen. (Dipohusodo, 1999).

**Pembebanan Struktur**

Kombinasi pembebanan struktur mengikuti persyaratan SNI 1727:2013. (SNI 1727-2013, 2013)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Prosedur Perancangan**

Prosedur dalam perancangan dalam diagram alir Gambar 1.

**Data Perencanaan**

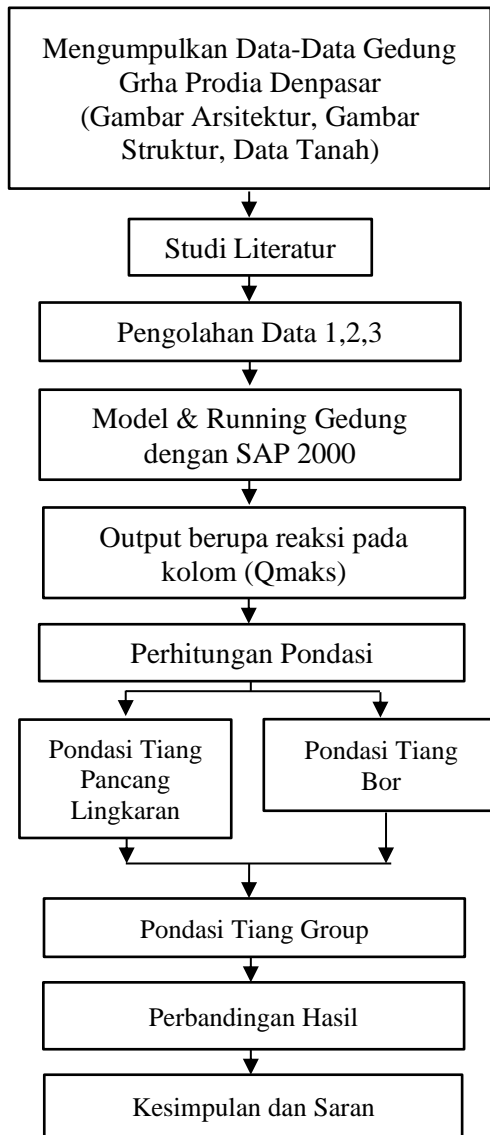
Dalam perencanaan pondasi tiang pancang digunakan mutu beton 40 MPa, untuk mutu beton tiang bor digunakan K-300 atau 26,4 MPa sedangkan untuk mutu tulangan yang digunakan  $F_y$  400.

**Data Tanah**

Berdasarkan data SPT, didapatkan nilai SPT ujung pada kedalaman 16 meter adalah (N60) = 24 pukulan dan ( $\bar{N}60$ ) = 17 pukulan. Sebagian besar tanah di lapangan tergolong dalam Pasir Semented.

**Data Beban**

Pembebanan gedung ini mengacu kepada SNI 1726 – 2012. Hasil *output* SAP 2000 pada Tabel 1, dan Tabel 2.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan

Tabel 1. Hasil SAP2000 untuk penampang lingkaran

Data	Tipe			
	1	2	3	4
Frame	579	603	591	609
P (kN) (-)	2.490,7	2.078,1	1.422,5	952,57
M2 (kN-m)	42,41	-4,59	57,70	53,39
M3 (kN-m)	37,79	19,15	30,67	6,88
V2 (kN)	24,24	6,39	19,37	3,18
V3 (kN)	17,94	-1,73	29,12	28,45

Tabel 2. Hasil SAP2000 untuk tiang bor

Data	Tipe				
	1	2	3	4	5
Frame	579	603	591	609	597
P (kN) (-)	2.491	2.078	1.423	953	762
M2 (kNm)	42,41	-4,59	57,70	53,4	40,49
M3 (kNm)	37,79	19,15	30,67	6,88	-15,7
V2 (kN)	24,24	6,39	19,37	3,18	-11,9
V3 (kN)	17,94	-1,73	29,12	28,5	18,28

### Data Beban

Perencanaan pondasi Gedung Grha Prodia Denpasar dihitung berdasarkan data SPT untuk tiang tunggal. Dalam perhitungan panjang tiang disamakan yaitu 16 meter untuk pondasi tiang pancang serta pondasi tiang bor. Ukuran penampang tiang pancang lingkaran dan bor berdiameter 0,4 meter. Untuk hasil perhitungan pondasi tiang tunggal dan kelompok tertera pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Perbandingan Tiang Tunggal

Pembanding	Tiang Pancang Lingkaran	Tiang Bor
Diameter tiang (m)	0,400	0,400
Luas (m <sup>2</sup> )	0,1256	0,1256
Keliling (m)	1,256	1,256
Daya dukung tiang tunggal (SPT) (kN)	749,58	615,94

Tabel 4. Perbandingan Tiang Kelompok

Tipe	Tiang Pancang Lingkaran	Tiang Bor
Daya dukung tiang kelompok		
1	2.973,2	3.581,8
2	2.467,1	2.931,8
3	1.788,1	1.959,1
4	1.317,6	1.400,2
5	-	1.082,7
Beban maksimum diterima kelompok tiang		
1	6112,056	406,493
2	611,889	439,516
3	594,200	471,025
4	615,754	448,824
5	-	507,265
Beban minimum diterima kelompok tiang		
1	568,271	380,291
2	594,935	430,493
3	498,028	397,379
4	508,615	342,042
5	-	426,298

Hasil perhitungan didapat daya dukung tiang tunggal penampang lingkaran (749,58 kN) lebih besar dibandingkan daya dukung tiang tunggal tiang bor (615,94 kN) atau daya dukung tiang pancang lingkaran 17,83% lebih besar dari tiang bor.

### Beban Lateral Pondasi dan Defleksi

Perhitungan beban lateral dan defleksi pada perencanaan pondasi menggunakan metode Broms. Hasil dari perhitungan beban lateral dan defleksi pada Tabel 5.

**Penulangan Pondasi Tiang dan Pile Cap**

Penulangan pondasi tiang pancang dihitung berdasarkan pengangkatan tiang, sedangkan untuk pondasi tiang bor didasarkan pada beban lateral. Untuk perhitungan ada dua cara pengangkatan tiang pancang yang harus dilakukan di lapangan pada waktu pengangkatan pada dua tempat dan pengangkatan pada satu tempat.

a) Pengangkatan pada dua tempat

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{2} \times 3,84 \times 3,344^2 = 21,47 \text{ kNm}$$

$$V_{maks} = \frac{1}{2} q(L - 2a) = \frac{1}{2} \times 3,84 \times (16 - 2 \times 3,344) = 17,879 \text{ kN}$$

b) Pengangkatan pada satu tempat

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{2} \times 3,84 \times 4,64^2$$

$$= 41,337 \text{ kNm}$$

$$V_{maks} = \frac{1}{2} q (L - a) + \frac{M_1}{L - a} = \frac{1}{2} \times 3,84 \times (16 - 4,64) + \frac{41,337}{16 - 4,64} = 25,45 \text{ kN}$$

Jadi keadaan yang paling menentukan adalah keadaan dengan pengangkatan pada satu tempat.

Momen dan gaya geser yang digunakan dalam penulangan tiang pancang:

$$M_1 = M_2 = 41,34 \text{ kNm}$$

$$M_u = 1,4 M_1 = 1,4 \times 41,34 = 57,87 \text{ kNm} = 57.871.564,80 \text{ Nmm}$$

$$V_{maks} = 25,45 \text{ kNm}$$

$$V_u = 1,4 V_{maks} = 1,4 \times 25,45 = 35,63 \text{ kN} = 35.630,01 \text{ N}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pondasi tiang pancang dan tiang bor serta pile cap pada Tabel 6.

Tabel 5. Rekapitulasi Beban Lateral dan Defleksi

Tipe	Golongan Tiang	Hs (kN)	Hsg (kN)	Mmaks (kNm)	y <sub>0</sub> (m)
Tiang Pancang Lingkaran					
1	Tiang Panjang	95,85	479,261	3,09989	0,00818
2	Tiang Panjang	95,85	383,409	0,42	0,00216
3	Tiang Panjang	95,85	287,556	4,08	0,00983
4	Tiang Panjang	95,85	191,704	3,94	0,0096
Tiang Bor					
1	Tiang Panjang	72,66	581,283	3,09989	0,0089
2	Tiang Panjang	72,66	435,962	0,42	0,00234
3	Tiang Panjang	72,66	290,642	4,08	0,01068
4	Tiang Panjang	72,66	217,981	3,94	0,01043
5	Tiang Panjang	72,66	145,321	1,06	0,00436

Tabel 6 Rekapitulasi Penulangan Pondasi dan Pile Cap

Tipe	Tulangan Pondasi		Tulangan Pile Cap	
	Tulangan Utama	Tulangan Geser	Arah X	Arah Y
Tiang Pancang Lingkaran				
1	8D13	Ø10-50	20	30
2	8D13	Ø10-50	20	19
3	8D13	Ø10-50	18	18
4	8D13	Ø10-50	17	12
Tiang Bor				
1	8D13	Ø10-50	27	27
2	8D13	Ø10-50	22	30
3	8D13	Ø10-50	18	18
4	8D13	Ø10-50	17	17
5	8D13	Ø10-50	17	15

### Analisa Efisiensi Pelaksanaan

Hasil dari analisa berdasarkan kondisi lapangan diperoleh:

1. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa pondasi tiang pancang lingkaran lebih ekonomis. Disebabkan oleh pengaplikasian tiang pancang lingkaran lebih sedikit jumlahnya dibandingkan tiang bor.
2. Pelaksanaan konstruksi dilapangan pondasi tiang pancang lebih mudah dilakukan sehingga pengerjaan menjadi lebih cepat selesai dibandingkan dengan pondasi tiang bor.
3. Dari daya dukung pondasi diperoleh pondasi tiang pancang lebih aman karena pengujian mutu dapat dilakukan secara menyeluruh.

### SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari perbandingan dua pondasi tiang yaitu pondasi tiang pancang lebih aman, efisien serta ekonomis dibandingkan pondasi tiang bor. Pondasi tiang pancang lebih aman karena diproduksi oleh pabrik sehingga daya dukung dapat diperhitungkan serta mutu terjamin karena pengawasan ketat. Pengerjaan pondasi tiang pancang dilapangan lebih efisien karena tidak dipengaruhi oleh cuaca serta dapat menggunakan metode hidrolik sehingga dapat mengurangi polusi suara serta getaran. Biaya pelaksanaan pondasi tiang pancang lebih ekonomis karena pondasi yang digunakan lebih sedikit dibandingkan pondasi tiang bor.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, R., Lukman, H., dan Artiningsih, T.P. 2019. *ANALISIS GAYA LATERAL PADA PONDASI TIANG PANCANG SQUARE (Studi Kasus: Pembangunan Continuous Stirred-Tank Reactor (CSTR) PT.Ultra Jaya Milk Industri Bandung)*. 1–14.
- Das, B.M. 2007. Principles of Foundation Engineering (Sixth Edition). In *PSW Publishing*. Pasific Grove.
- Dipohusodo, I. 1999. Struktur Beton Bertulang. *PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, .*

- Hakam, A. 2008. *Rekayasa Pondasi Untuk Mahasiswa dan Praktisi*. (April 2008).
- Hardiyatmo, H.C. 2008. *Teknik Fondasi II Edisi ke-4*. Edisi ke-4. Yogyakarta: Beta Offset.
- Sadrjono, H.S. 1988. *Pondasi Tiang Pancang (Jilid 1)*. Surabaya: Penerbit Sinar Wijaya
- Jawat, I.W. 2016. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Pancang Sistem Hidraulic Jack In. *Paduraksa*, 5: 43–52.
- Redana, I.W. 2009. *Teknik Pondasi*. Denpasar: Udayana University Press.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. Bandung.
- SNI 1727-2013. 2013. *SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur*. Jakarta.
- SNI 2847:2013. 2013. *SNI 2847: 2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. In *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*.
- SNI 4153-2008. 2008. *SNI 4153: Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.