

PERBANDINGAN PERENCANAAN DAN METODE PELAKSANAAN FONDASI TIANG BOR DENGAN FONDASI TIANG PANCANG PADA GEDUNG RSUD

Utari Nindy Safira¹, Moch. Sholeh², Wahiddin³.

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

utarinindyL13@gmail.com¹, moch.sholeh@polinema.ac.id², wahiddin@polinema.ac.id³,

ABSTRAK

Sebagai penunjang pembangunan sektor bidang jasa dibutuhkan pembangunan prasarana dan sarana fisik seperti bangunan rumah sakit, pembangunan prasarana jalan sebagai penghubung, jembatan, serta infrastruktur lainnya. Salah satu bangunan prasarana yang didirikan yaitu gedung RSUD Bangil. Dengan studi kasus gedung tersebut, penulis ingin membandingkan fondasi tiang bor yang digunakan pada gedung RSUD Bangil sesuai kondisi perencanaan di lapangan dan merencanakan ulang menggunakan fondasi tiang pancang dengan tiang bor dengan judul skripsi “Perbandingan Perencanaan dan Metode Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor dengan Fondasi Tiang Pancang Pada gedung RSUD Bangil. Dengan data penyelidikan tanah (Data Sondir) dan gambar perencanaan. Hasil dari analisis perbandingan kedua jenis fondasi tiang didapatkan bahwa daya dukung tiang tunggal maupun daya dukung tiang kelompok fondasi tiang pancang lebih besar daripada daya dukung tiang tunggal maupun daya dukung tiang kelompok fondasi tiang bor. Penurunan kedua tiang sudah memenuhi yaitu tidak melebihi penurunan izin sebesar 222 mm untuk fondasi tiang bor dan penurunan izin sebesar 200 mm untuk fondasi tiang pancang. Sedangkan biaya pelaksanaan fondasi tiang bor pada gedung RSUD Bangil sebesar Rp 2,375,106,610 dan fondasi tiang pancang pada gedung RSUD Bangil sebesar Rp 2,099,854,977. Sehingga dapat disimpulkan bahwa biaya pelaksanaan fondasi tiang pancang lebih murah.

Kata kunci : Fondasi, Tiang Bor, Tiang Pancang, Gedung RSUD Bangil

ABSTRACT

To support the development of the service sector, it is necessary to build physical infrastructure and facilities such as hospital buildings, construction of road infrastructure as connectors, bridges and others. One of the infrastructure that was built is the Bangil Regional Hospital Building. With the case study of the building, I want to compare the bore pile foundation used in the Bangil Regional Hospital Building according to the planning conditions and re-plan using pile foundation and bore pile foundation. Therefore, the study on the Comparison of Planning and Implementation Methods of Bore Pile Foundation in Bangil Regional Hospital Building was conducted. The complete data are land investigation data (Sondir Data) and shop drawings. The data were used to calculate the comparative analysis on bore pile foundation with pile foundation in the Bangil regional hospital building. The result shows that the bearing capacity of a single pile and bearing capacity of a group of pile foundations are stronger than the bearing capacity of a single pile and bearing capacity of a group pile of pile foundations. The size of both piles have completed the regulation which states no more than 222 mm. While the cost of implementing the bore pile foundation at the Bangil Regional Hospital Building is Rp 2,375,106,610 and the pile foundation is Rp 2,099,854,977. So it can be concluded that the cost of implementing the pile foundation is cheaper.

Keywords : Foundation, Pile Foundation, Bore Pile, Bangil Regional Hospital Building

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor konstruksi hingga era globalisasi sekarang ini, masih dijadikan tolak ukur dari kemajuan suatu negara. Pasuruan adalah salah satu kota di Indonesia yang mengalami perkembangan dalam bidang konstruksi bangunan Gedung. Sebagai penunjang pembangunan sektor bidang jasa di butuhkan pembangunan prasarana dan sarana fisik seperti

bangunan rumah sakit – rumah sakit, pembangunan prasarana jalan sebagai penghubung, jembatan, serta infrastruktur lainnya. Salah satu bangunan prasarana yang didirikan yaitu gedung RSUD Bangil.

Untuk membangun gedung yang berkelanjutan dan kokoh, perlu dirancang rencana yang akurat tetapi juga efektif. Dalam hal ini fondasi merupakan bagian penting dari

suatu bangunan. Setiap bangunan memiliki gaya dan desainnya masing-masing, sehingga perlu memilih fondasi yang tepat. Karena jika salah dalam memilih jenis fondasi, bisa kehilangan tenaga, uang bahkan bisa menyebabkan keruntuhan bangunan.

Dalam merencanakan fondasi, permasalahan penting yang harus diperhatikan adalah besar daya dukung tanah yang mampu memikul beban kerja yang bekerja pada fondasi, jenis tanah yang menjadi lokasi bangunan yang akan dibangun, dan penurunan (*settlement*) yang terjadi tidak melebihi nilai penurunan maksimum yang disyaratkan. Kapasitas daya dukung tiang dapat dihitung melalui rumus empiris dari hasil pengujian di laboratorium maupun dari hasil pengujian di lapangan.

Gedung RSUD Bangil merupakan bangunan 4 lantai dengan konstruksi beton yang saat ini masih dalam pelaksanaan 2 lantai. Struktur fondasi yang dipakai pada pembangunan gedung ini direncanakan untuk bangunan 4 lantai menggunakan fondasi tiang bor. Pemilihan fondasi tiang bor meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari pekerjaan struktur fondasi di lingkungan padat penduduk. Namun, pada metode pelaksanaannya memiliki kekurangan yaitu pada proses pengeboran tergantung cuaca, proses pengeboran bisa mengurangi kepadatan tanah, saat lubang bor kemasukan air maka kondisi tanah akan terganggu sehingga mengurangi kekuatan tanah dalam menahan tiang, dan lubang bor akan rentan terkena timbunan lumpur yang berakibat kedalamannya tidak maksimal. Dari uraian tersebut, pelaksanaan fondasi tiang bor menjadi sulit dan tidak efektif.

Fondasi tiang pancang sebagai salah satu jenis konstruksi fondasi tiang, sebuah tiang yang dipancang kedalam tanah sampai kedalaman yang cukup untuk menimbulkan tahanan gesek pada selimutnya atau tahanan ujungnya. Keuntungan menggunakan fondasi ini adalah pelaksanaannya menjadi efisien, mudah, dan praktis. Saat ini, metode pelaksanaan fondasi tiang pancang banyak menggunakan drop hammer sampai menyentuh tanah keras. Namun, metode tersebut berdampak pada lingkungan sekitar seperti menimbulkan suara bising dan menimbulkan getaran. Solusi metode pemancangan terbaru yaitu menggunakan teknologi *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) yang dinilai efektif karena lebih ramah lingkungan dan pelaksanaannya lebih mudah.

Tujuan penulisan ini adalah membandingkan fondasi tiang bor yang digunakan pada gedung RSUD Bangil sesuai kondisi perencanaan dan merencanakan ulang menggunakan fondasi tiang pancang untuk melihat perbandingan perencanaan dan penggunaan metode pelaksanaan pada setiap jenis fondasi yang dibandingkan dan penggunaan teknologi terbaru yang dapat mengurangi kendala di lapangan sehingga lebih bijak dalam memilih perencanaan fondasi yang akan digunakan, serta hal-hal apa saja yang mempengaruhi dalam keputusan pemilihan fondasi.

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori dalam mengkaji penelitian yang dilakukan.

Tabel 1 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Annisa Dwiretnani	Kinerja Alat <i>Hydraulic Static Pile Driver</i> (HSPD) Pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi.	Berdasarkan hasil perhitungan produktifitas Alat HSPD ditinjau dari waktu pemancangan dan biaya yang dikeluarkan, maka Penulis mengambil kesimpulan bahwa Alat HSPD kapasitas 320 ton lebih efektif dan efisien digunakan dalam kegiatan ini.[1]
Mayangsari	Analisis Perbandingan fondasi Tiang Pancang Dengan fondasi Tiang Bor Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi Dan Mulut Universitas Brawijaya.	Hasil dari perhitungan daya dukung ijin fondasi Tiang Pancang dengan menggunakan uji SPT yaitu sebesar 609.816 kN. Dari hasil perbandingan kedua fondasi tersebut fondasi tiang pancang lebih efisien dan ekonomis dibandingkan fondasi tiang bor. Dalam proses pelaksanaannya fondasi tiang bor lebih cepat dibandingkan tiang pancang karena pelaksanaan fondasi tiang bor tidak memerlukan lahan yang luas sedangkan pelaksanaan fondasi tiang pancang memerlukan lahan untuk perpindahan alat pancang.[2]
Nova Astrisa	Analisis Perbandingan Daya Dukung dan Biaya Konstruksi fondasi Tiang Bor dan Tiang Pancang.	Nilai daya dukung ultimit (Q_u) dengan tiang pancang dapat disimpulkan bahwa daya dukung tiang pancang memiliki nilai daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan daya dukung tiang bor. Dan dari perhitungan biaya dapat disimpulkan bahwa anggaran biaya fondasi tiang pancang lebih besar dari fondasi tiang bor

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
M. Dun Khomaenni	Analisis Perbandingan fondasi Tiang Pancang Dengan fondasi Tiang Bor pada Proyek Pembangunan Ruko 3 Tingkat.	dikarenakan adanya biaya penyambungan tiang pada setiap titik dikarenakan kedalaman tiang yang bervariasi. [3] Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai daya dukung tanah fondasi tiang tunggal lebih besar dari fondasi tiang bor. Dari perhitungan biaya, fondasi tiang pancang yang berjumlah 13 tiang membutuhkan anggaran Rp 66.460.457,00 dan fondasi tiang bor dengan jumlah 17 tiang Rp 76.472.439,13.[4]

2. METODE

Adapun deskripsi mengenai daerah studi yang akan dijadikan sebagai bahan skripsi sebagai berikut:

- Nama Gedung : Rehabilitasi, dan Pemeliharaan RSUD Bangil
- Lokasi Gedung : Jl. Raya Raci – Bangil Balungbendo, Masangan, Kec. Bangil, Pasuruan, Jawa Timur.
- Kontraktor : CV. Savir Karya
- Konsultan Perencana : CV. Citra Kreasi Engineering
- Konsultan Pengawas : PT. Elemen Tiga Tiga
- Fungsi Bangunan : Rumah Sakit
- Jumlah Lantai : 4 Lantai

Proyek Gedung RSUD Bangil terletak di Jl. Raya Raci – Bangil Balungbendo, Masangan, Kecamatan Bangil, Pasuruan, Jawa Timur. Berikut lokasi proyek pembangunan Gedung RSUD Bangil :



Gambar 1 Lokasi proyek pembangunan gedung RSUD Bangil

Data yang diperoleh untuk perencanaan terdapat 2 jenis data. Adapun data sekunder yang diperoleh antara lain:

- a. Shop Drawing / Gambar Perencanaan. Gambar atau kumpulan gambar yang dihasilkan oleh kontraktor, pemasok, produsen, dan subkontraktor.
 - a. Data Penyelidikan Tanah. Data tanah yang dibutuhkan yaitu data *Cone Penetration Test* (CPT).
 - b. Harga Satuan Pokok Kegiatan Pasuruan tahun 2020.
- Setelah data sekunder yang diperlukan pada penelitian terkumpul, langkah selanjutnya adalah pengolahan data yang telah diperoleh dengan tahapan berikut :
- b. Mencari dan mengumpulkan data kajian pustaka, jurnal, dan tesis online serta gambar kerja, data tanah, HSPK

- bangunan RSUD Bangil yang nantinya semua data tersebut dijadikan data pendukung dalam studi.
- c. Menghitung pembebanan struktur menggunakan RSAP. Hasil analisis dari program RSAP berupa beban ultimit pada bangunan tersebut.
- d. Perhitungan dimensi, daya dukung tanah, dan penurunan menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT)
- e. Metode pelaksanaan pada fondasi tiang bor dan fondasi tiang pancang.
- f. Perhitungan rencana anggaran biaya pada fondasi tiang bor dan fondasi tiang pancang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Pemodelan dan Pembebanan Struktur

Perencanaan struktur fondasi dengan cara menganalisis pembebanan struktur menggunakan aplikasi RSAP (*Robot Structural Analysis Program*) dan pengolahan data berdasarkan hasil analisis struktur tersebut.

Pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727:2020 mengenai Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur. Sedangkan beban angin mengacu pada HB 212-2002 Design Wind Speed for the Asia-Pacific Region.

Dihasilkan kombinasi beban ASD untuk perencanaan fondasi tiang dan LRFD untuk perencanaan pile cap.

2) Daya Dukung Tiang Tunggal

Berikut ini 4 metode berdasarkan data Sondir/CPT yang digunakan penulis untuk menghitung Daya Dukung Tiang Fondasi :

a. Phillipponant (1980)

$$q_t = k_b q_{ca}$$

Keterangan :

- q_t = tahanan ujung per satuan luas (kg/cm²)
- k_b = Faktor berdasarkan Tabel berikut
- q_{ca} = $1/2(q_{ca(A)} + q_{ca(B)})$ (kg/cm²)
- $q_{ca(A)}$ = nilai konus rata-rata dari 3D di bawah ujung tiang

$q_{ca(B)}$ = nilai konus rata-rata dari ujung tiang hingga 3D di atas ujung tiang

Tabel 2 Faktor Daya Dukung (k_b)

Soil Type	Kb
Gravel	0,35
Sand	0,40
Silt	0,45
Clay	0,50

$$f = \frac{\alpha_s}{F_s} \cdot q_{cs} \text{ (side)}$$

Keterangan :

- f = Tahanan gesek satuan.
- q_{cs} = Tahanan konus (kg/cm^2)
- F_s = Faktor Empiris berdasarkan Tabel berikut
- α_s = 1,25 (Faktor berdasarkan penggunaan tipe tiang Bor)

Tabel 3 Faktor Empiris (F_s)

Soil Type	Fs
Clay and calcareous clay	50
Silt, sandy clay, and clayey sand	60
Loose sand	100
Medium dense sand	150
Dense sand and gravel	200

b. Bustamante & Gineselli (LCPC)

$$q_t = K_b \cdot q_{eq}$$

Keterangan :

- q_t = tahanan ujung per satuan luas (kg/cm^2)
- k_b = Faktor Nilai Konus
- $q_{ca} = 1/2(q_{c1} + q_{c2})$ (kg/cm^2)
- q_{c1} = nilai konus rata-rata dari 1,5D di bawah ujung tiang
- q_{c2} = nilai konus rata-rata dari ujung tiang hingga 1,5D di atas ujung tiang

Tabel 4 Nilai K_b

Soil Type	Bored Piles	Driven Piles
Clay-Silt	0,375	0,600
Sand-Gravel	0,150	0,375
Chalk	0,200	0,400

$$Q_s = A_s f_s$$

Keterangan :

- Q_s = Daya Dukung Selimut (kN)
- A_s = luas selimut tiang (cm^2)
- f_s = tahanan gesek satuan (kg/cm^2)

c. Schmertmann & Nottingham (1978)

Kapasitas Dukung Ultimit

$$Q_u = A_b f_b + A_s f_s - W_p$$

Atau

$$Q_u = A_b \omega q_{ca} + A_s K_f q_f - W_p$$

Keterangan :

- A_b = luas ujung bawah tiang (cm^2)
- A_s = luas selimut tiang (cm^2)
- f_b = tahanan ujung satuan (kg/cm^2)
- f_s = tahanan gesek satuan (kg/cm^2)
- q_{ca} = tahanan konus rata-rata (kg/cm^2)
- q_f = tahanan gesek sisi konus (kg/cm^2)
- K_f = koefisien tak berdimensi
- ω = koefisien korelasi

Tahanan Ujung Satuan

$$f_b = \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15.000 kN/m}^2\text{)}$$

Keterangan :

- f_b = tahanan ujung per satuan luas (kg/cm^2)
- ω = koefisien korelasi yang bergantung pada OCR (**Tabel 2.15**)
- $q_{ca} = 1/2(q_{c1} + q_{c2})$ (kg/cm^2)
- q_{c1} = q_c rata-rata pada zona 0,7D atau 4D di bawah ujung tiang
- q_{c2} = q_c rata-rata pada zona 8D di atas dasar tiang (kg/cm^2)

Tabel 5 Faktor ω (deRuiter dan Beringen, 1979)

Kondisi Tanah	Faktor ω
Pasir terkonsolidasi normal (OCR = 1)	1.00
Pasir mengandung banyak kerikil kasar; pasir dengan OCR = 2 sampai 4	0.67
Kerikil halus; pasir dengan OCR = 6 sampai 10	0.50

Tahanan Gesek Satuan

$$f_s = K_f q_f \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Keterangan :

- f_s = tahanan gesek satuan (kg/cm^2). Nilainya dibatasi sampai 1,2 kg/cm^2 (120 kPa)
- K_f = koefisien tak berdimensi
- q_f = gesek satuan lokal sisi konus (kg/cm^2)

d. Mayerhoff

Tahanan Ujung

$$f_b = \omega_1 \omega_2 q_{ca}$$

Keterangan :

- f_b = Tahanan ujung satuan, untuk tiang bor diambil 70% atau 50%-nya

- q_{ca} = q_c rata-rata (kN/m^2) pada zona 1d di bawah ujung tiang dan 4d di atasnya
- ω_1 = $\{(d + 0,5)/2d\}^2$; koefisien modifikasi pengaruh skala, jika $d > 0,5$ m. Jika $d < 0,5$ m, $\omega_1 = 1$.
- ω_2 = $L/10d$ = koefisien modifikasi untuk penetrasi ujung tiang dalam lapisan pasir padat saat $L < 10d$, jika $L > 10d$, $\omega_2 = 1$
- d = Diameter tiang
- L = Kedalaman penetrasi tiang di dalam lapisan pasir padat (m)
- n = nilai eksponensial
 = 1 untuk pasir longgar ($q_c < 5$ Mpa)
 = 2 untuk pasir kepadatan sedang (5 Mpa $< q_c < 12$ Mpa)
 = 3 untuk pasir padat ($q_c > 12$ Mpa)

Tahanan Gesek

Untuk tiang pancang, tahanan gesek satuan diambil salah satu dari :

$f_s = K_f q_f$ dengan $K_f = 1$

Atau, bila tidak dilakukan pengukuran tahanan gesek sisi konus :

$f_s = K_c q_c$ dengan $K_c = 0,005$

Keterangan :

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm^2)

K_f = Koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus

K_c = Koefisien modifikasi tahanan konus

Tabel 6 Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal pada Tiang Bor dia 40 cm

Rumus	Qb (kN)	Qs (kN)	Qall(kN)
Philliponant	614,810	937,020	509,240
LCPC	211,010	833,745	340,210

Tabel 7 Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal pada Tiang Pancang dia 40 cm

Rumus	Qb (kN)	Qs (kN)	Qall(kN)
Schmertmann & Nottingham	639,750	583,760	399,800
Meyerhoff	574,620	964,070	505,030

3) Daya Dukung Kelompok Tiang

a. Menentukan Jumlah Tiang

$$n = \frac{Q_v}{Q_u}$$

Keterangan :

n = Jumlah Tiang

- Q_v = Beban Vertikal yang bekerja
- Q_u = Kapasitas Ultimit Tiang

b. Menentukan Jarak Tiang

$S = (2,5-3,0) D$

$S_{min} = 0,6$ meter

$S_{maks} = 2,0$ meter

Keterangan :

S = Jarak antara sumbu tiang dalam kelompok (m)

D = Lebar atau diameter tiang (m)

c. Efisiensi Kelompok Tiang

Perumusan efisiensi pada tanah pasir menggunakan persamaan Converse – Labarre formula dari Uniform Building Code AASHTO sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90mn'}$$

Keterangan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

d = Diameter tiang

s = Jarak antar pusat-pusat tiang (as ke as)

m = Jumlah tiang dalam 1 kolom

n' = Jumlah tiang dalam 1 baris

θ = Arc tg d/s (derajat)

Tabel 8 Daya Dukung Kelompok Tiang dia 40cm

Jenis Tiang	n	Qg	Qv	Qg>Qv
Tiang Bor (Philliponant)	11	4052,3	3574,5	OK
Tiang Bor (LCPC)	12	4058,1	3574,5	OK
Tiang Pancang (Schmertmann & Nottingham)	8	3577,9	3574,5	OK
Tiang Pancang (Meyerhoff)	8	4018,9	3574,5	OK

d. Distribusi Beban pada Tiang

Jika beban luar bekerja pada kelompok tiang adalah beban vertical sentries, maka beban yang bekerja pada setiap tiang adalah:

$$Q_p = \frac{Q_v}{n} \pm \frac{M_x Y}{\sum y^2} \pm \frac{M_y X}{\sum x^2}$$

Keterangan :

n = Jumlah tiang dalam kelompok tiang

Q_p = Beban Tiang Tunggal

Q_v = Beban Total vertikal

M_{xy} = Momen xy

M_{yx} = Momen yx

x = Jarak antar tiang sumbu x

y = Jarak antar tiang sumbu y

Tabel 9 Contoh Distribusi Beban Kelompok Tiang Bor dia 40 cm (metode LCPC)

Tiang	Qp	Qall	Qp<Qall
1	287.65	340,21	OK
2	294.30	340,21	OK
3	300.95	340,21	OK
4	307.60	340,21	OK
5	297.88	340,21	OK
6	297.88	340,21	OK
7	297.88	340,21	OK
8	297.88	340,21	OK
9	288.16	340,21	OK
10	294.81	340,21	OK
11	301.46	340,21	OK
12	308.11	340,21	OK
Σ	3574,56		

Tabel 10 Contoh Distribusi Beban Kelompok Tiang Pancang dia 40 cm (metode Meyerhoff)

Tiang	Qp	Qall	Qp<Qall
1	446.78	505,3	OK
2	446.92	505,3	OK
3	447.06	505,3	OK
4	447.20	505,3	OK
5	446.44	505,3	OK
6	446.58	505,3	OK
7	446.72	505,3	OK
8	446.86	505,3	OK
Σ	3574,56		

4) Penurunan Tiang

Mayerhof (1976) memberikan rumus tentang penurunan elastis kelompok tiang untuk tanah non kohesif dengan data sondir (*Cone Penetration Test*) sebagai berikut :

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{1 \cdot q_c}$$

Keterangan :

S_g = Penurunan Elastis Kelompok Tiang (mm)

q = Q_g / (L_g · B_g) (kN/m²)

L_g = Panjang kelompok Tiang

B_g = Lebar kelompok Tiang

I = Faktor Pengaruh, $I = 1 - \frac{L_g}{8 \cdot B_g} \geq 0,50$

q_c = Rata-rata nilai konus

Tabel 11 Penurunan Tiang dia 40 cm

Jenis Tiang	Sg(e)	Sg ijin	Sg ijin > Sg(e)
-------------	-------	---------	-----------------

Tiang Bor (LCPC)	185,4mm	222mm	OK
Tiang Pancang (Meyerhoff)	170,0mm	200mm	OK

5) Perencanaan Pile Cap

Pile Cap harus direncanakan untuk menahan gaya geser yang disebabkan oleh kolom dan tiang serta momen lentur pada penampang kritis. Hasil kontrol geser dapat dilihat berdasarkan $\phi VC > V_u$ untuk geser satu arah dan $P_u > V_u$ untuk geser dua arah.

6) Penulangan Tiang Bor

Penulangan Tiang Bor dengan Langkah yaitu menentukan luas tulangan longitudinal (A_{st}) yang akan digunakan, penampang fondasi tiang bor yang berbentuk lingkaran diekuivalenkan menjadi penampang segi empat guna menentukan eksentrisitas dalam keadaan seimbang, dan menentukan tulangan Sengkang dengan ketentuan-ketentuan berdasarkan SNI 2847-2019.

7) Metode Pelaksanaan Fondasi Tiang

a. Metode Pelaksanaan Fondasi Tiang Bor

Alat pemancang tiang yang dibutuhkan dalam metode pelaksanaan Fondasi Tiang Bor antara lain : Bore Pile Mini Crane, Bore Pile Gawangan, Bore Pile Gawangan, Strauss Pile.

➤ **Pekerjaan persiapan**

Persiapan alat bor sesuai penggunaannya pada kondisi tanah dan teknik pemboran tertentu. Kedalaman, diameter tiang bor dan keberadaan batuan atau material bawah permukaan adalah parameter utama untuk memilih alat pengeboran.

➤ **Pekerjaan pengeboran**

- Dilakukan pengeboran di titik penandaan hingga mencapai kedalaman sesuai spesifikasi. Urutan pengeboran titik tiang harus ditetapkan sedemikian agar gerakan manuver peralatan bor tidak terganggu oleh tiang bor yang telah selesai.
- Selama proses pengeboran akan dihasilkan pada umumnya lumpur hasil pengeboran yang harus dapat dipindahkan ke tempat tertentu agar lokasi tetap bersih dan tidak menghambat jalannya pekerjaan.
- Setelah mencapai kedalaman yang cukup, untuk mencegah tanah longsor di tepi lubang, perlu untuk memasang casing, yaitu tabung yang diameternya kurang lebih sama sama dengan diameter lubang bor. Casing dimasukkan menggunakan alat penggetar (*vibrator*).

- Untuk menjaga kelongsoran dinding lubang bor di bagian bawah pipa casing, lubang biasanya diisi lumpur bentonite (*Slurry*).

➤ **Pembersihan lubang**

Mata auger sudah diganti dengan *Cleaning Bucket* yaitu untuk membuang tanah atau lumpur di dasar lubang.

➤ **Pekerjaan beton**

- Kerangka baja tulangan yang telah dirancang diangkat dalam posisi tegak lurus terhadap lubang bor dan diturunkan dengan hati-hati agar tidak terjadi banyak singgungan dengan lubang bor.
- Sistem pengecorannya menggunakan sistem tremie, untuk menghindari terjadinya segregasi.
- Setelah pekerjaan pengecoran selesai, semua peralatan pengecoran dibersihkan dari sisa beton dan lumpur dan disiapkan kembali untuk dipakai pada titik bor selanjutnya

b. Metode Pelaksanaan Fondasi Tiang Pancang

Metode pelaksanaan fondasi Tiang Pancang menggunakan *Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)* adalah sebagai berikut:

➤ **Pekerjaan persiapan**

- Pembersihan lokasi yang akan dilakukan pemancangan dan penyimpanan tiang pancang beserta alat pancang.
- Penggalan tanah untuk permukaan yang berada di atas elevasi muka tanah asli.
- Menentukan pengukuran untuk membuat suatu titik pancang (*penandaan / marking*) sesuai dengan gambar kerja dan harus dibubuhi tanggal saat tiang tersebut dipancang.
- Penyimpanan tiang pancang harus disusun piramid dan setiap lapis saling dipisahkan dengan balok kayu yang sebaiknya ditempatkan dekat lokasi pemancangan untuk memudahkan pekerjaan.
- Persiapan dan setting alat pancang berupa HSPD (*Hydraulic Static Pile Drive*) yang kapasitasnya terbukti mampu serta layak untuk memancang sesuai spesifikasi.

➤ **Pekerjaan pemancangan**

- Tiang pancang dikaitkan pada sling yang terdapat di alat pancang, kemudian diangkat sehingga tiang pancang terikat pada alat.
- Mengatur posisi tiang pancang pada titik penandaan kemudian dilakukan proses pemancangan hingga mencapai kedalaman sesuai spesifikasi

8) Rencana Anggaran Biaya

Tabel 12 Rencana Anggaran Biaya Fondasi Tiang Bor dia 40 cm (metode LCPC)

No	Uraian	Jumlah Harga
A	Pekerjaan Fondasi	
1	Pekerjaan Lubang tiang bor Dia. 40 cm dengan jumlah 450 tiang	Rp 347,070,000
2	Pekerjaan Pembesian	Rp 515,627,520
3	Pekerjaan Pengecoran Tiang Bor	Rp 970,074,112
B	Pekerjaan Pile Cap	
1	Pekerjaan Galian	Rp 25,637,901
2	Pekerjaan Lantai kerja	Rp 11,446,942
3	Pekerjaan Bekisting	Rp 49,561,899
4	Pekerjaan Pembesian	Rp 221,848,801
5	Pekerjaan Pengecoran	Rp 233,839,433
Jumlah Total		Rp 2,375,106,610

Tabel 13 Rencana Anggaran Biaya Fondasi Tiang Pancang dia 40 cm (Meyerhoff)

No	Uraian	Jumlah Harga
A	Pekerjaan Fondasi	
1	Penyediaan tiang pancang Dia. 40 cm dengan jumlah 448 tiang.	Rp 1,152,000,000
2	Pemancangan Tiang Pancang Spun Pile Dia. 40 cm	Rp 396,000,000
3	Pembongkaran Beton / Pecah Kepala Tiang Pancang	Rp 9,520,000
B	Pekerjaan Pile Cap	
1	Pekerjaan Galian	Rp 25,637,901
2	Pekerjaan Lantai kerja	Rp 11,446,942
3	Pekerjaan Bekisting	Rp 49,561,899
4	Pekerjaan Pembesian	Rp 221,848,801
5	Pekerjaan Pengecoran	Rp 233,839,433
Jumlah Total		Rp 2,099,854,977

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pembahasan di atas sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil Analisa struktur atas pada Gedung RSUD Bangil menggunakan RSAP, besar gaya-gaya yang dihasilkan sebagai berikut: 1) Pada kombinasi

- LRFD diperoleh beban maksimum sebesar 5672,14 kN.
- 2) Pada kombinasi ASD diperoleh beban maksimum sebesar 3574,56 kN.
- b. Berdasarkan perhitungan daya dukung tanah pada fondasi tiang bor dan fondasi tiang pancang pada Gedung RSUD Bangil diperoleh hasil sebagai berikut :
- 1) Pada fondasi tiang bor diperoleh nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 1527,7 kN dengan diameter 0,4 m dan panjang tiang 8 m dan daya dukung tiang kelompok dengan jumlah 11 tiang sebesar 4052,37 kN.
 - 2) Pada fondasi tiang pancang diperoleh nilai daya dukung tiang tunggal sebesar 1515,08 kN dengan diameter tiang 0,4 m dan panjang tiang 8 m dan daya dukung tiang kelompok dengan jumlah 8 tiang sebesar 4018,86 kN.
 - 3) Berdasarkan penurunan fondasi tiang bor dan fondasi tiang pancang pada gedung RSUD Bangil diperoleh hasil bahwa pada setiap kelompok grup tiang sudah memenuhi dengan tidak melebihi penurunan izin sebesar 222 mm untuk fondasi tiang bor dan penurunan izin sebesar 200 mm untuk fondasi tiang pancang.
 - 4) Berdasarkan perbandingan metode pelaksanaan fondasi tiang bor dan fondasi tiang pancang pada gedung RSUD Bangil, metode pelaksanaan tiang pancang dinilai lebih efektif dari segi waktu terutama pada proyek tanpa basement.

- 5) Berdasarkan perhitungan anggaran biaya diperoleh rencana anggaran biaya pelaksanaan fondasi tiang bor yang berjumlah 450 tiang sebesar Rp 2,375,106,610 dan fondasi tiang pancang yang berjumlah 448 tiang sebesar Rp 2,099,854,977. Sehingga dapat disimpulkan bahwa biaya pelaksanaan fondasi tiang pancang lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Dwiretnani, "Kinerja Alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) Pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi," *J. Talent. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 67–81, 2019.
- [2] Mayangsari, A. Munawir, and Y. Zaika, "Analisis Perbandingan fondasi Tiang Pancang Dengan fondasi Tiang Bor Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi Dan Mulut Universitas Brawijaya," *J. Mhs. Jur. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 3, 2018.
- [3] N. Astrisa, "Analisis Perbandingan Daya Dukung Dan Biaya Konstruksi Pondasi Tiang Bor Dengan Pondasi Tiang Pancang," *Diss. Univ. Bangka Belitung*, 2017.
- [4] M. D. Khomaeni, "Analisis Perbandingan fondasi Tiang Pancang Dengan fondasi Tiang Bor Pada Proyek Pembangunan Ruko 3 Tingkat," *Dr. Diss. Univ. Batanghari*, 2020.
- [5] H. H. Titi and M. Y. Abu-Farsakh, *Evaluation of Bearing Capacity of Piles from Cone Penetration Test Data*. Los Angeles: Baton Rouge, 1999.