



STUDI KOMPARATIF DAYA DUKUNG FONDASI SPUN PILE BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA PADA PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT

Efiliya Isma Solawati¹, Dyah Ayu Rahmawati Cupasindy², Moch. Sholeh²

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹,

Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang^{2 3}

Email: efiliya15@gmail.com¹, dyahayu.rahmawati@polinema.ac.id²,
moch.sholeh@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Pemilihan jenis fondasi merupakan aspek penting dalam perencanaan bangunan bertingkat, terutama rumah sakit yang memerlukan keandalan struktur tinggi. Proyek Pembangunan Rumah Sakit Mitra Keluarga BSD City menggunakan fondasi bored pile pada perencanaan awal karena mempertimbangkan kondisi lingkungan yang padat serta meminimalkan getaran dan kebisingan. Penelitian ini mengkaji fondasi spun pile sebagai alternatif yang berpotensi memberikan efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan. Penelitian bertujuan membandingkan fondasi bored pile dan spun pile berdasarkan kapasitas daya dukung, penurunan, metode pelaksanaan, dan rencana anggaran biaya. Analisis dilakukan menggunakan data penyelidikan tanah (SPT dan uji laboratorium), data pembebanan struktur dari ETABS, serta mengacu pada SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, dan SNI 8460:2017. Hasil penelitian diharapkan menjadi acuan dalam menentukan jenis fondasi yang paling optimal secara teknis dan ekonomis untuk proyek rumah sakit maupun bangunan sejenis.

Kata kunci : fondasi; tiang pancang; daya dukung; PLAXIS 2D

ABSTRACT

The selection of foundation type is a crucial aspect in the design of multistory buildings, particularly hospitals, which require a high level of structural reliability. The Mitra Keluarga BSD City Hospital Project initially adopted bored pile foundations due to the dense surrounding environment and the need to minimize vibration and noise. This study evaluates spun pile foundations as an alternative that may offer greater cost and construction time efficiency. The objective of this study is to compare bored pile and spun pile foundations in terms of bearing capacity, settlement, construction methods, and cost estimation. The analysis was conducted using secondary data, including soil investigation results (Standard Penetration Test and laboratory tests), structural loading data obtained from ETABS, and relevant Indonesian National Standards (SNI 1727:2020, SNI 1726:2019, and SNI 8460:2017). The results are expected to provide a comprehensive reference for selecting the most appropriate foundation type from both technical and economic perspectives for hospital projects and similar building structures..

Keywords : foundation; spun pile; bearing capacity; PLAXIS 2D

Article History

Received: September 2026

Reviewed: September 2026

Published: September 2026

Plagiarism Checker No
237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Pembangunan Gedung Rumah Sakit Mitra Keluarga di kawasan Bintaro-BSD, Kota Tangerang, merupakan sebuah proyek strategis yang membutuhkan tingkat keandalan struktur tinggi mengingat fungsinya sebagai fasilitas pelayanan kesehatan. Pada tahap perencanaan awal, jenis fondasi yang dipilih adalah fondasi bored pile. Keputusan ini diambil dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan proyek yang berada di area padat penduduk, serta perlunya meminimalkan getaran dan kebisingan selama proses konstruksi berlangsung. Namun, pemilihan jenis fondasi dalam suatu proyek konstruksi tidak semata-mata ditentukan oleh aspek teknis, melainkan juga dipengaruhi oleh faktor efisiensi biaya, durasi pelaksanaan, kemudahan pengerjaan, serta peluang optimalisasi desain. Oleh karena itu, diperlukan kajian terhadap alternatif jenis fondasi lain yang secara teori maupun praktik dapat diterapkan pada proyek serupa, salah satunya adalah fondasi spun pile.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis daya dukung tanah pada fondasi tiang pancang (spun pile) dalam pembangunan Rumah Sakit Mitra Keluarga BSD. Analisis dilakukan dengan menggunakan data tanah serta metode perhitungan yang mengacu pada teori mekanika tanah dan peraturan yang berlaku.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada proyek pembangunan Rumah Sakit Mitra Keluarga BSD dengan memanfaatkan data hasil penyelidikan tanah, yaitu nilai Standard Penetration Test (SPT) pada titik BH-3, serta data struktur bangunan. Beban struktur bangunan diperoleh dari hasil pemodelan menggunakan software ETABS yang disesuaikan dengan standar pembebanan

yang berlaku. Hasil reaksi perletakan (reaksi tumpuan) dari pemodelan tersebut selanjutnya dijadikan dasar dalam perencanaan fondasi.

Analisis daya dukung fondasi tiang pancang dilakukan dengan menerapkan metode Meyerhoff, Vesic, serta Poulos dan Davis, guna memperoleh nilai daya dukung ultimit dan daya dukung izin. Sementara itu, evaluasi penurunan fondasi dilakukan melalui perhitungan manual yang mencakup penurunan elastis dan penurunan konsolidasi, yang kemudian dibandingkan dengan hasil pemodelan menggunakan metode elemen hingga melalui perangkat lunak PLAXIS 2D.

Berikut merupakan persamaan dasar yang digunakan dalam penelitian ini.

Daya dukung tiang tunggal

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

Q_u = daya dukung ultimit

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung gesekan selimut tiang

Daya dukung ujung tiang (Q_p)

Berdasarkan (Braja M. Das-2019) Nilai unit tahanan ujung Q_p untuk tanah kohesif sebagai berikut:

$$Q_p = q_p \times A_p \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

$$A_p = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \dots \dots \dots (3)$$

$$q_p = 9 \times C_u \dots \dots \dots (4)$$

Dengan:

Q_p = Kapasitas daya dukung ujung tiang (kN)

q_p = Tahanan ujung tiang per satuan luas (kN/m²)

A_p = Luas penampang tiang (m²)

D = Diameter tiang (m)

C_u = Kohesi *undrained* (kN/m³)



Daya dukung gesekan kulit/selimut tiang (Q_s)

Satuan Perlawanan Geser Tiang pada tanah Pasir (Granuler) sebagai berikut:

$$Q_s = p \times \Delta L \times q_s \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

$$p = 3,14 \times D \dots \dots \dots (6)$$

$$\Delta L = L_2 - L_1 \dots \dots \dots (7)$$

$$q_s = \alpha \times C_u \dots \dots \dots (8)$$

$$\alpha = 0,21 + \left(0,26 \times \frac{p_a}{S_u}\right) \dots \dots \dots (9)$$

Dengan:

Q_s = Kapasitas daya dukung selimut tiang (kN)

q_s = Tahanan selimut tiang per satuan luas (kN/m²)

p = Keliling tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

ΔL = Selisih kedalaman (m)

α = Faktor adhesi

$C_u = S_u$ = Kohesi *undrained* (kN/m³)

p_a = Tekanan atmosfer (100 kN/m²)

Daya dukung kelompok tiang

$$Q_{u(g)} = E_g \times n \times Q_u$$

Dengan:

$Q_{u(g)}$ = kapasitas daya dukung ultimit kelompok tiang (kN)

E_g = efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang (tiang)

Q_u = kapasitas daya dukung ultimit tiang tunggal (kN)

Distribusi beban pada tiang

$$Q_p = Q_v \left(\frac{1}{n} + \frac{M_y \cdot x}{Z(y^2)} + \frac{M_x \cdot y}{Z(x^2)} \right)$$

Dengan :

$$M_y = Q_v \cdot e_x$$

e = eksentrisitas

$\sum x^2$ = jumlah jarak masing-masing tiang terhadap

sumbu y - y

$\sum y^2$ = jumlah jarak masing-masing tiang terhadap

sumbu x - x

Penurunan Fondasi

a. Penurunan fondasi tiang tunggal

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana,

S_e = Penurunan total elastis pondasi tiang tunggal (m)

$S_{e(1)}$ = Penurunan elastis *bored pile* (m)

$S_{e(2)}$ = Penurunan elastis akibat beban pada ujung tiang (m)

$S_{e(3)}$ = Penurunan elastis akibat beban selimut *spun pile* (m)

b. Penurunan tiang kelompok

$$S_g(e) = \frac{0,96q\sqrt{BgI}}{N60} \dots \dots \dots (11)$$

Dimana,

$S_g(e)$ = penurunan elastik kelompok tiang (mm)

Bg = lebar kelompok tiang

$I = 1 - L/8Bg > 0,5$

$q = Q_g/(LgBg)$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan struktur atas

Pembebanan struktur atas dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan mengacu pada SNI 1727:2020 sebagai acuan beban hidup dan beban mati serta SNI 1726:2019 sebagai acuan beban gempa. Hasil analisis menunjukkan nilai P_u sebesar 2797 kN.

Daya dukung tiang tunggal

Perhitungan daya dukung tiang tunggal dilakukan dengan menggunakan metode Mayerhof.

Hasil perhitungan untuk berbagai variasi diameter dan kedalaman disajikan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Rekapitulasi Q_{ult} dan Q_{all}

L	D	Q_{ult}	Q_{all}
m	m	kN	kN
	0,4	11539.67	1995.19



L = 18 m	0,6	21330.79	3746.38
	0,8	33802.76	5999.97
L = 16 m	0,4	6551.71	430.09
	0,6	11964.84	677.07
	0,8	18802.83	945.34
	0,4	5476.49	405.49
L = 12 m	0,6	10272.17	647.26
	0,8	16439.47	915.06

Efisiensi Kelompok Tiang

Tabel 3. 2 Rekapitulasi Nilai Daya Dukung Tiang Kelompok

L	D	Qall	n	Lg	Bg	Eg
m	m	kN				
L = 18 m	0,4	1995.19	2	1,60	1,60	0,80
	0,6	3746.38	1	2,40	0,60	0,90
	0,8	5999.97	1	3,20	0,80	0,89
L = 16 m	0,4	430.09	9	2,80	1,60	0,76
	0,6	677.07	5	4,20	2,40	0,76
	0,8	945.34	3	3,20	3,20	0,80
L = 12 m	0,4	405.49	10	2,80	1,60	0,76
	0,6	647.26	5	3,50	2,00	0,76
	0,8	915.06	4	2,40	2,40	0,80

Distribusi Beban Per Tiang

Distribusi beban per tiang dalam fondasi tiang kelompok disajikan pada table 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3. 3 Koordinat Pile

Pile No	x	y	x ²	y ²
	m	m	m ²	m ²
1	-1.2	0	1.44	0
2	1.2	0	1.44	0
Σ			2.88	0

Setelah perhitungan di atas, didapatkan rekapitulasi distribusi beban per tiang sebagai berikut:

Tabel 3. 4 Distribusi Beban Tiang

Beban Axial, Qv (kN)	Perhitungan	Kontrol dengan Qall
2797	$Q_1 = \frac{1398.5}{5} = 279.7$	OK
	$Q_2 = \frac{1398.5}{5} = 279.7$	OK

Perhitungan Penurunan Tiang

Tabel 3. 5 Penurunan Tiang

L	D	Se	St
L = 18 m	0,4	0.0097	0.0574
	0,6	0.0201	0.0455
	0,8	0.0187	0.0415
L = 16 m	0,4	0.0004	0.0605
	0,6	0.0002	0.0543
	0,8	0.0002	0.0512
L = 12 m	0,4	0.0005	0.0047
	0,6	0.0003	0.0022
	0,8	0.0002	0.0013

Penulangan Pile Cap

Analisa Tulangan Lentur

$$B' = \frac{4200}{2} - \frac{500}{2} = 1850 \text{ mm} = 1,85 \text{ m}$$

$$q' = 2400(4,2 \times 0,7) = 7056 \text{ kg/m} = 70,56 \text{ kN/m}$$

$$M_u = 2 \left(\frac{1293,78}{2} \right) 1,8 - \left(\frac{1}{2} \times 70,56 \times 1,85 \right) = 1487,27 \text{ kNm}$$

Dengan asumsi nilai $\phi = 0,9$, maka:

$$R_n = \frac{1487,27 \times 10^6}{0,9 \times 2400 \times 606^2} = 1,87$$

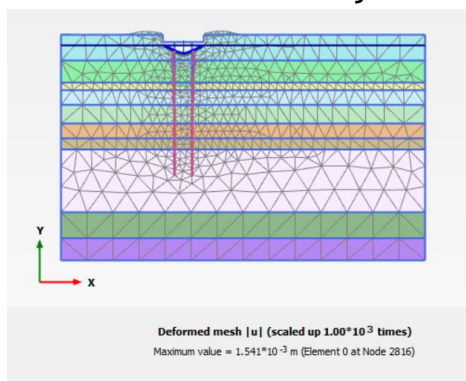
$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \times 40}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,87}{0,85 \times 40}} \right) = 0,005$$

$$\rho_{minimal} = \frac{1,4}{420} = 0,003$$

Pemodelan PLAXIS 2D

Dalam analisis menggunakan software PLAXIS 2D, tanah dimodelkan sebagai pegas non-linear yang menggambarkan hubungan antara stabilitas guling, stabilitas geser, daya dukung, dan perpindahan (displacement). Hasil dari analisis dengan software PLAXIS 2D ini berupa nilai gaya momen, defleksi, daya dukung, serta penurunan tiang terhadap kedalaman. Berikut ini disajikan beberapa tahapan pemodelan yang dilakukan pada software PLAXIS 2D.

Hasil analisis PLAXIS 2D menunjukkan:



Gambar 3. 1 Hasil Pemodelan PLAXIS 2D

Pada perhitungan manual dan pemodelan PLAXIS 2D terdapat perbedaan hasil, hal itu karena perhitungan manual menggunakan teoritis pendekatan dengan asumsi penyederhanaan sedangkan PLAXIS 2D menggunakan metode elemen hingga (FEM) yang mampu memodelkan perilaku tanah secara lebih rinci.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan perencanaan fondasi pada proyek pembangunan Rumah Sakit Mitra Keluarga BSD dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pembebanan struktur atas yang mengacu pada SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain menggunakan software Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (ETABS) 21

menghasilkan beban terbesar sebesar 2797 kN.

2. Dimensi fondasi dirancang dalam beberapa variasi diameter (0,4 m; 0,6 m; dan 0,8 m) dan kedalaman (12 m, 16 m dan 18 m). Dimensi optimal dipilih berdasarkan kombinasi daya dukung, efisiensi, dan kedalaman lapisan tanah keras, yaitu tiang spun pile Ø 0,8 m dengan kedalaman 18 m.
3. Daya dukung ujung dan selimut tiang menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya kedalaman dan diameter tiang. Pada kedalaman 18 m dengan diameter 0,8 m, daya dukung ujung tiang (Q_p) berdasarkan metode Meyerhof (1976) sebesar 2797 kN. Nilai daya dukung selimut (Q_s) juga mengalami peningkatan signifikan bertambahnya diameter, yang terlihat dari perbandingan nilai 2475,96 kN (Ø 0,4 m) dengan 4951,93 kN (Ø 0,8 m) pada kedalaman yang sama. Total penurunan yang terjadi pada variasi fondasi Ø 0,8 m dengan kedalaman 18 m yang menahan beban 2797 kN senilai 0,025 m.
4. Proses pemancangan dilakukan dengan menggunakan bantuan alat hydraulic pile hammer. Setelah pemancangan selesai, dilakukan perakitan tulangan pile cap (D19-125) kemudian dilakukan pengecoran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI 1726:2019. t.t. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung."
- [2] SNI 1727:2020. t.t. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- [3] SNI 4153:2008. t.t. "Standar Nasional Indonesia Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT."



- [4] SNI 8460:2017. t.t. "Persyaratan Perancangan Geoteknik."
- [5] Sunariyono, Isnaniati, dan Dio Alif Utama. 2019. "Analisis Perbandingan Daya Dukung Fondasi Bored Pile Menggunakan Hasil Uji Sondir, SPT dan Laboratorium pada Proyek Pembangunan Apartemen 88 Avenue Surabaya." Agregat 4
- [6] Braja M. Das. 2019. "Principles of Foundation Engineering SI Edition 9th."
- [7] Chafidl, Achmad Nur, Novita Anggraini, Medi Efendi, Mahasiswa Manajemen, Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, Dosen Jurusan, dan Teknik Sipil. 2024. ANALISIS FONDASI TIANG BOR BERDASARKAN DATA SPT PADA PROYEK RUMAH SAKIT BHAYANGKARA NGANJUK. Vol. xx. <http://jurnal.polinema.ac.id/>.
- [8] Devi Zettyara, Oleh, Dwi Ratnaningsih, Sitti Safiatus Riskijah, Rizki Putri Ramadhani, Akhmad Suryadi, Jurusan Teknik Sipil, dan Politeknik Negeri Malang. 2023. "PERENCANAAN ANGGARAN BIAYA TANDON AIR BERSIH DESA WRINGINSONGO KECAMATAN TUMPANG KABUPATEN MALANG." Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat 3(6). <http://bajangjournal.com/index.php/J-ABDI>.
- [9] Adisanjaya Khairul Ummam, Sholeh Moch, & Novianto Dandung. (2021). Analisis Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile) dan Tiang Bor (Bored Pile) Berdasarkan Perhitungan dan Uji Lapangan pada Proyek Pengembangan Kampus Negeri Madiun. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema, 2(September), 36-43.
- [10] Armin, Manalip, H., & Dwi Handono, B. (2018). Perencanaan Balok Girder Profil I Pada Jembatan Prestressed Dengan Variasi Bentang. Jurnal Sipil Statik, 6(2), 67-74.
- [11] Braja, M. D. (1995). Mekanika Tanah Jilid 1(Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik). Penerbit Erlangga, 1-300.
- [12] Iqbal, M., Aponno, G., & Novianto, D. (2023). IAIN KEDIRI. 4, 174-178.
- [13] Kementrian PUPR. (2022). Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan.
- [14] Khairunnisa, I. M. (2020). ANALISIS PERBANDINGAN PONDASI JACK IN SPUN PILE DAN BORED PILE SUNCITY RESIDENCE SIDOARJO. 1(September), 146-151.
- [15] Sembiring, C. (2019). Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Spun Pile Dengan Bore Pile Pada Proyek Masjid Agung. Jurnal Teknik Sipil, 69.