

PERENCANAAN FONDASI TIANG BOR (BORE PILE) PEMBANGUNAN GEDUNG RUMAH SAKIT AISYIYAH BOJONEGORO

Untung Sudrajat¹, Fuji Asema²,

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²

Koresponden*, Email: gquntur085@gmail.com¹, fuji.asema@polinema.ac.id²,

ABSTRAK

Fondasi merupakan elemen penting dalam struktur bawah bangunan yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah secara aman. Pada proyek pembangunan Rumah Sakit Aisyiyah Ji'rona Bojonegoro, Fondasi yang digunakan sebelumnya adalah tiang bor dengan panjang 50 meter dan diameter 100 cm. Namun, dimensi tersebut dinilai tidak efektif dari segi biaya maupun waktu pelaksanaan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi untuk merancang ulang dimensi pondasi agar lebih efisien dan tetap memenuhi kebutuhan teknis. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan fondasi bore pile berdasarkan data teknis proyek, menganalisis pembebanan struktur, daya dukung tanah berdasarkan data N-SPT, nilai penurunan fondasi, metode pelaksanaan, serta estimasi biaya pekerjaan fondasi. Analisis beban struktur atas dilakukan menggunakan perangkat lunak Tekla Structural Designer (TSD), dengan acuan pada SNI 1726:2019 (beban gempa), SNI 2847:2019 (struktur beton bertulang), dan SNI 8460:2017 (perencanaan geoteknik). Hasil perencanaan menunjukkan bahwa fondasi bore pile dengan konfigurasi 4 tiang berdiameter 70 cm dan panjang masing-masing 17 meter mampu menahan beban hingga 5434,2 kN. Penurunan maksimum yang diperoleh sebesar 10,96 cm, masih berada di bawah ambang batas toleransi 19,41. Estimasi biaya untuk pekerjaan fondasi bore pile dan pile cap mencapai Rp. 9.067.990.972,73. Dengan hasil tersebut, perencanaan fondasi bore pile dinilai efektif dan efisien secara teknis dan ekonomis, serta dapat dijadikan acuan dalam perencanaan fondasi bangunan bertingkat di wilayah dengan kondisi tanah serupa.

Kata kunci : perencanaan;bore pile; gedung

ABSTRACT

The foundation is an important element in the substructure of a building that functions to safely transfer the load from the superstructure to the ground. In the construction project of the Aisyiyah Ji'rona Bojonegoro Hospital, the foundation previously used was a bored pile with a length of 50 meters and a diameter of 100 cm. However, these dimensions were considered ineffective in terms of cost and implementation time. Therefore, innovation is needed to redesign the dimensions of the foundation to be more efficient and still meet technical requirements. This study aims to plan a bored pile foundation based on project technical data, analyze structural loads, soil bearing capacity based on N-SPT data, foundation settlement values, implementation methods, and estimate the cost of foundation work. The analysis of the superstructure load was carried out using Tekla Structural Designer (TSD) software, with reference to SNI 1726:2019 (earthquake loads), SNI 2847:2019 (reinforced concrete structures), and SNI 8460:2017 (geotechnical planning). The planning results show that the bore pile foundation with a configuration of 6 piles with a diameter of 70 cm and a length of 17 meters each is capable of withstanding a load of up to 5434.2 kN. The maximum settlement obtained is 10,96 cm, still below the tolerance threshold of 19.41. The estimated cost for the bore pile and pile cap foundation work reaches Rp. 9.067.990.972,73. With these results, the bore pile foundation planning is considered effective and efficient technically and economically, and can be used as a reference in planning the foundation of multi-storey buildings in areas with similar soil conditions.

Keywords : design;bore pile;building

1. PENDAHULUAN

Fondasi merupakan elemen penting pada struktur bangunan yang berfungsi menahan beban sendiri serta beban seluruh bangunan di atasnya, kemudian meneruskannya ke lapisan tanah dan batuan di bawahnya secara aman. Beban dari kolom yang diteruskan melalui fondasi harus disebar ke area tanah yang cukup luas agar tidak melebihi kapasitas daya dukung tanah, sehingga dapat mencegah penurunan berlebih atau keruntuhan struktur. Menurut Sardjono (1988) dan Gunawan (1991), fondasi adalah bagian dari konstruksi bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah dengan peran vital dalam menopang seluruh beban struktur di atasnya.

Penggunaan fondasi dalam, seperti fondasi tiang bor (bore pile), umumnya dipilih pada kondisi tanah yang kurang stabil di permukaan dengan daya dukung yang memadai lapisan tanah dalam. Bor pile dipasang dengan cara pengeboran sehingga mencapai kedalaman tertentu, lalu diisi tulangan dan beton untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah keras. Metode ini efektif meminimalkan getaran dan resiko kerusakan pada bangunan disekitar Lokasi Pembangunan, sehingga sering diterapkan di area padat penduduk (Hardiyatmo, 2002; Blowles, 1988).

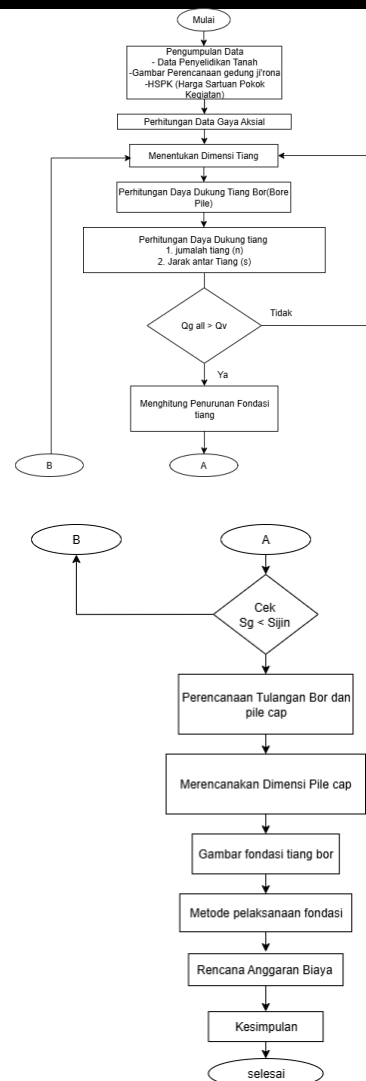
Pada Pembangunan Gedung Rumah Sakit Aisyiyah Bejoneoro, Jawa Timur, yang berlokasi di area perkotaan dengan kepadatan tinggi, dipilih fondasi bor pile berdiameter 1 meter dengan kedalaman hingga 50 meter dan mutu beton K-350. Perencanaan ini bertujuan menjamin stabilitas bangunan, mengurangi dampak negative pada lingkungan sekitar, dan mendukung keberlanjutan konstruksi yang aman dan efisien. Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan kajian dan perbandingan perencanaan fondasi bor pile pada proyek ini, guna mengevaluasi efisiensi dan efektifitas

perencanaannya. Oleh karena itu, penelitian ini diangkat dengan judul: “perencanaan fondasi Bor (Bore pile) pada pembangunan Gedung Rumah Sakit Aisyiyah Bojonegoro”

2. METODE

Proyek Pembangunan Rumah Sakit Aisyiyah Bojonegoro ini terletak di daerah Kabupaten Bojonegoro, JL. K.H. Hasyim Ashari No. 17 Bojonegoro. Tujuan dibangunnya Gedung Ji'rona ini untuk memperbesar rumah sakit juga memperlengkap fasilitas. Gedung ini di bangun 7 lantai dan 1 roof top.

Metode yang di gunakan pada penelitian ini menggunakan metode Mayerhoff bertujuan untuk merencanakan fondasi tiang bor sesuai dengan kondisi tanah dan beban bangunan.



Gambar 2.1 Diagram Alir

Penelitian diawali dengan pengumpulan data yang mencakup hasil penyelidikan tanah, gambar perencanaan Gedung, serta data harga satuan pekerjaan. Tahapan berikutnya adalah analisis beban aksial untuk menentukan dimensi tiang, kemudian menghitung daya dukung tiang bor meliputi jumlah dan jarak antar tiang. Hasil perhitungan dibandingkan dengan beban rencana untuk memastikan revisi pada dimensi atau jumlah tiang. Selanjutnya dihitung penurunan fondasi dan dilakukan pemeriksaan terhadap tegangan tanah agar tidak melampaui tegangan izin. Jika seluruh persyaratan telah terpenuhi, proses dilanjutkan dengan desain tulangan tiang bor dan pile cap, penentuan dimensi pile cap, serta penyusunan gambar rencana fondasi. Tahap akhir meliputi penyusunan gambar rencana fondasi tahap perhitungan rencana anggaran biaya, dan penarikan kesimpulan sebagai hasil akhir penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan Struktur Atas

Analisa Pembebanan struktur atas dilakukan sesuai SNI 1727-2020 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain untuk beban mati, beban hidup, dan beban angin. Sedangkan untuk beban gempa diambil sesuai dengan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung wilayah gempa Tangerang Selatan. Jenis beban yang digunakan antara lain:

- Beban Mati (DL)
- Beban Hidup (LL)
- Beban Gempa (E), baik vertikal maupun horizontal

Kapasitas Daya Dukung Fondasi Bored Pile

Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Metode Meyerhof (1976)

Kapasitas daya dukung tiang tunggal metode Meyerhof (1976) dijabarkan dalam **Tabel 1.1**. Berikut ini merupakan salah satu contoh perhitungan kapasitas daya dukung fondasi tiang tunggal metode Meyerhof (1976), yaitu fondasi Ø 0,70 m dan 0,09 m pada variasi kedalaman yaitu 17 m dan 39 m dengan acuan data perencanaan fondasi yang sudah dihitung Mayerhoff Kedalaman 17 m

Tabel 3.1 Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Metode

L	D	Q _p	Q _s	Q _{ult}	Q _{all}	Q _v	Kontrol
		kN	kN	kN	kN		
17	0,7	2293,1	4779,8	7072,9	2357,6		Oke
m	0,9	3790,6	6145,5	9936,1	3312,0		Oke
39	0,7	209,2	4779,8	4989,1	1663,0	5434,2	Oke
m	0,9	571,7	6145,5	6717,2	2239,1		Oke

Sumber: Hasil Analisis

Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas daya dukung kelompok tiang dijabarkan dalam Tabel 2. Berikut ini merupakan salah satu contoh perhitungan kapasitas daya dukung fondasi kelompok tiang, yaitu fondasi Ø 0,70 m kedalaman 17 m.

1. Jumlah Tiang (n)

Berdasarkan perhitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal Ø 0,50 m kedalaman 17 m didapatkan Q_{all} = 2357,6 kN (Tabel 4.70) sehingga jumlah tiang yang dibutuhkan yaitu:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{Q_v}{Q_{all}} \\
 &= \frac{5434,2}{2357,6} \\
 &= 2,29576 \\
 &= 3 \text{ bh}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan tidak mendukung di penurunan maka tiang di tambah menjadi 4

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga, didapatkan } m &= 2,00 \\
 n &= 2,00
 \end{aligned}$$

2. Jarak Antar Tiang (d)

Jarak antar tiang ditentukan harus memenuhi 2 persyaratan yaitu:

- a. d = 1,5 m
 - 1) d ≥ 3,00 × D
1,5 ≥ 3,00 × 0,70
1,5 ≥ 2,1 (OK)
 - 2) jarak antar pile cap = 1,5 × D = 1,5 × 17 = 1,05 m
 - 3) d = 3 × D = 3 × 0,7 = 2,1 m

b. Panjang Pile Cap (L_g)

Nilai L_g dihitung menggunakan

$$\begin{aligned}
 L_g &= ((m - 1) \times d) + \left(2 \times \frac{D}{2}\right) \\
 &= ((3 - 1,00) \times 2,1) + \left(2,00 \times \frac{0,70}{2,00}\right) \\
 &= 2,8 \text{ m} \\
 &= 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Lebar Pile Cap (B_g)

Nilai B_g dihitung menggunakan

$$\begin{aligned}
 B_g &= ((n - 1) \times d) + \left(2 \times \frac{D}{2}\right) \\
 &= ((2,00 - 1,00) \times 2,1) + \left(2,00 \times \frac{0,70}{2,00}\right) \\
 &= 2,8 \text{ m} \\
 &= 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Cek: L_g ≥ B_g = 2,8 m ≥ 2,8 m (OK)

3. Efisiensi Kelompok Tiang (E_g)

Nilai E_g dihitung menggunakan

$$\begin{aligned}
 \theta &= \tan^{-1} \frac{D}{2,10} \\
 &= \tan^{-1} \frac{0,70}{2,10} \\
 E_g &= 1 - \theta \left[\frac{((m_1 - 1) \times n_2) + ((n_2 - 1) \times m_1)}{90 \times n_1 \times n_2} \right] \\
 &= 1 - \theta \left[\frac{((m_1 - 1) \times n_2) + ((n_2 - 1) \times m_1)}{90 \times m_1 \times n_2} \right] \\
 &= 1 - 2,9 \left[\frac{((280 - 1,00) \times 2,00) + ((2,00 - 1,00) \times 2,80)}{90,00 \times 2,80 \times 2,00} \right] \\
 &= 0,97825 \\
 &= 97,83\%
 \end{aligned}$$

4. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{u(g)})

Nilai Q_{u(g)} dihitung menggunakan

$$\begin{aligned}
 Q_{u(g)} &= E_g \times n \times Q_u \\
 &= 0,9782 \times 4 \times 7072,926 \\
 &= 27676,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5. Kapasitas Daya Dukung Izin Kelompok Tiang (Q_{all(g)})

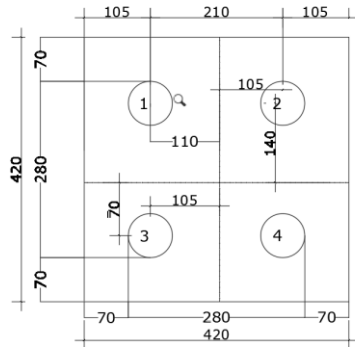
Nilai Q_{all(g)} dihitung menggunakan

$$\begin{aligned}
 Q_{all(g)} &= \frac{Q_{u(g)}}{SF} \\
 &= \frac{27676,5 \text{ kN}}{3,00} \\
 &= 9225,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Cek: Q_{all(g)} > Q_v = 9225,5 kN > 5434,2 kN (OK)

Distribusi Beban Pada Kelompok Tiang

L m	D m	$S_{e(1)}$ cm	$S_{e(2)}$ cm	$S_{e(3)}$ cm	$S_{e(tot.)}$ cm	$S_{g(izin)}$ cm	$S_{g(tot.)}$ cm	Cek
17	0,7	0,89	3,30	0,13	4,32	19,42	8,63	Oke
	0,9	1,16	3,30	0,13	4,58	19,42	5,19	Oke
39	0,7	0,87	3,29	0,13	4,30	19,42	8,59	Oke
	0,9	0,68	4,24	0,19	4,12	19,42	9,02	Oke



Gambar 3.1 Distribusi Beban Kelompok Tiang

$$P_{\max} = \frac{Q_v}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2}$$

Tabel 3.2 Rekapitulasi Distribusi

No Tiang	Kelompok tiang per tiang (kN)	$\sum P_{\max}$ (kN)
1	2703,42	10823,61
2	2704,04	
3	2708,04	
4	2708,12	

Penurunan Fondasi Bor Pile

Perhitungan penurunan fondasi dilakukan untuk mengetahui besarnya penurunan yang terjadi pada kedalaman tanah tertentu dipengaruhi oleh dimensi fondasi tiang itu sendiri. Penurunan fondasi terbagi menjadi 2 (dua) yaitu penurunan elastis dan penurunan konsolidasi yang menggunakan metode Vesic 1977.

Penurunan Tiang Tunggal Berikut ini merupakan salah satu contoh perhitungan penurunan tiang tunggal, yaitu

fondasi Ø 0,70 m kedalaman 17 m dengan acuan data perencanaan fondasi yang sudah dihitung.

Tabel 2. Rekapitulasi Penurunan Elastis Tiang Tunggal

Sumber: Hasil Analisis

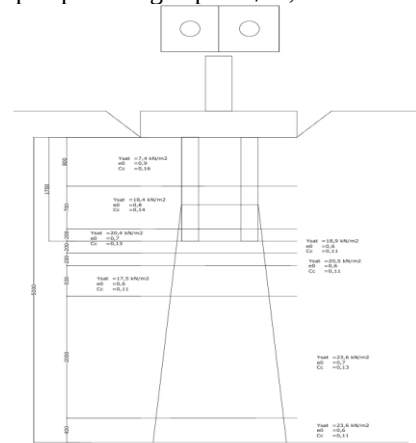
Penurunan Kelompok Tiang Elastis Berikut merupakan contoh perhitungan penurunan kelompok tiang, yaitu fondasi Ø 0,70 m kedalaman 17 m dengan cara Vesic 1969.

Tabel 3.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Penurunan

Sumber: Hasil Analisis

Penurunan Kelompok Tiang Konsolidasi

Penurunan kelompok tiang dipengaruhi oleh tegangan pada daerah yang lebih luas dan lebih dalam. Berikut merupakan contoh tahapan perhitungan pada Ø 0,70 m kedalaman 17 m.



Gambar 3.2 Penurunan Fondasi

Tabel 3.4 Rekapitulasi Hasil Penurunan Konsolidasi

L m	D m	$S_{g(izin)}$ cm	$S_{g(c)}$ cm	Cek	Total cm
17,00	0,70	19,42	2,33	Oke	0,1096
	0,90	19,42	2,47	Oke	0,0766
39,00	0,70	19,42	0,13	Oke	0,0872
	0,90	19,42	0,07	Oke	0,0909

Sumber: Hasil Analisis

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Total Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pekerjaan Fondasi Bored Pile Rumah Sakit Aysiyah Bojonegoro yaitu sebesar **Rp 9.067.990.972,73**.

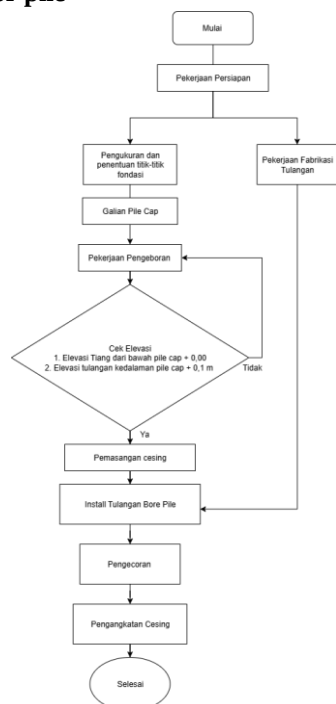
Tabel 3.6 Rencana Anggaran Biaya Fondasi

No	Nama Pekerjaan	Volume Total	Satuan	Harga Satuan	Total Harga
A	PEKERJAAN FONDASI BOR PILE				
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
	Total	1170	M2	Rp 26.827,50	Rp 31.388.175,00
II	PEKERJAAN TANAH				
	Total	6053,0246	M3	Rp 2.055.131,71	Rp 3.169.703.133,13
III	PEKERJAAN BETON				
	Total				Rp 2.655.831.245,81
IV	PEKERJAAN PEMBESIAN				
	Total	244871,3971	Kg	Rp 26.226,57	Rp 3.211.068.418,78
					Rp 9.067.990.972,73

Metode pelaksanaan

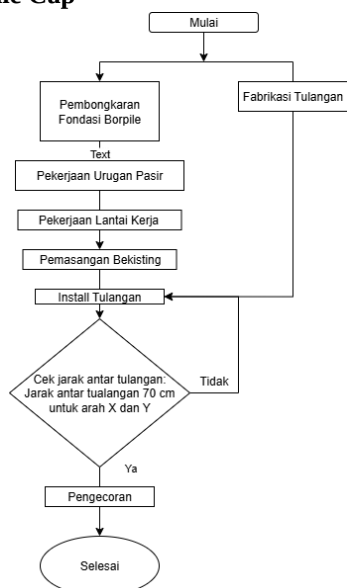
Metode pelaksanaan pada pekerjaan fondasi bor pile Gedung rumah sakit Aisyiyah Bojonegoro di bagi menjadi 2 bagian yaitu metode pelaksanaan Fondasi bor pile menggunakan metode casing dan metode pelaksana pekerjaan pile cap. Berikut langkah langkah pelaksanaan pekerjaan fondasi bor pile dan pekerjaan Pile cap.

Pekerjaan Bor pile



Gambar 3.3 Diagram Alir

Pekerjaan Pile Cap



Gambar 3.4 Diagram Air

4. KESIMPULAN

1. Kapasitas daya dukung kelompok tiang bored pile berdasarkan metode Meyerhof mencapai 5.434,2 kN, yang memenuhi persyaratan keamanan struktur.
2. Kapasitas daya dukung tiang tunggal sebesar 2.357,6 kN dengan spesifikasi panjang tiang 17 m dan diameter 70 cm.
3. Hasil analisa pemnurunan pondasi menunjukan bahwasanya penurunan elastis sebesar 8,63cm, dan penurunan konsolidasi sebesar 2,33 cm, sehingga total penurunan tyang terjadi adalah 10,96 cm. Nilai ini masih berada di bawah batas penurunan yang di izinkan
4. Metode konstruksi menggunakan temporary casing terbukti efektif dalam mempertahankan kestabilan lubang bor serta menjaga mutu beton selama proses pengecoran.
5. Estimasi total biaya pelaksanaan fondasi bored pile beserta pile cap adalah Rp 9.067.990.972,73, mencakup seluruh komponen biaya material, tenaga kerja, dan pelaksanaan.

SARAN

Berikut merupakan saran dalam perencanaan fondasi agar memperoleh hasil yang lebih maksimal

- 1) Dalam merencanakan fondasi pada suatu bangunan atau struktur, khususnya struktur Gedung, harus memiliki data-data tanah yang lebih lengkap termasuk pengujian laboratorium.
- 2) Merencanakan keseluruhan fondasi bangunan Gedung seperti fondasi lift, fondasi teras dan sebagainya .
- 3) Memahami penggunaan rumus-rumus untuk melakukan perencanaan fondasi.
- 4) Penentuan dimensi tiang bor harus dianalisa terlebih dahulu agar hasil yang didapatkan lebih efisien dari kondisi eksiting (jika perencanaan ulang).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basoka, I. W. A. (2020). Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Cone Penetration Test (CPT) Dan Standard Penetration Test (SPT) Pada Tanah Berpasir. *Jurnal Kadiri Riset Teknik Sipil*, 4, 109-123.
- [2] Disa, E., Sholeh, M., & Aponno, G. (2021). Studi Alternatif Perencanaan Pondasi Tiang Bor Fakultas

- Farmasi Universitas Airlangga Surabaya. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 2(1), 137-142.
- [3] Fatonah, K., & Wulansari, D. N. (2017). Estimasi Anggaran Biaya Struktur Proyek Pembangunan Hotel Quad Makassar Menggunakan Metode SNI. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 2(2), 116-129.
- [4] Iriawan, M. C., Sholeh, M., & Zenurianto, M. (2022). PERENCANAAN ULANG PONDASI PADA PROYEK GEDUNG INSPEKTORAT JAWA TIMUR KABUPATEN SIDOARJO. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 3(4), 33-39.
- [5] Jawat, I. W., Gita, P. P. T., & Dharmayoga, I. M. S. (2020). Kajian Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(2), 126-142.
- [6] Muda, A. (2016). Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Laboratorium. *INTEKNA Jurnal Informasi Teknik dan Niaga*, 16(1), 1-6.
- [7] Muluk, M., Hamid, D., & Santi, M. (2020). Studi Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Pondasi Bore Pile (Studi Kasus: Pelaksanaan Pembangunan Pondasi Tower Grand Kamala Lagoon-Bekasi). *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, 7(1), 26-33.
- [8] Syuhada, S., Saputra, C. A., Kurniawan, R., Sitepu, A. R. H., Hayati, J., Nadi, M. A. B., ... & Kurnianingtyas, E. (2024). Penentuan Soil Behavior Type (SBT) dan Konsistensi Tanah Hasil Uji Cone Penetrometer Test (CPT) di Masjid At Tanwir ITERA Sebagai Langkah Awal Perencanaan Pondasi. *STATIKA: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 6-10.
- [9] Tjitradi, D., & Eliatun, E. (2024). PEMODELAN STRUKTUR BETON BERTULANG MENGGUNAKAN SOFTWARE TEKLA STRUCTURES 2022. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 7(1), 139-146.
- [10] Wiratmoko, B. A., Winarto, S., & Cahyo, Y. (2019). Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Gedung Ketahanan Pangan Nganjuk. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), 106-120.