

ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI *BORED PILE* PADA GEDUNG RS SITI KHADIJAH MUHAMMADIYAH SEPANJANG KABUPATEN SIDOARJO

Noritza Chusnulita Eryzaviani¹, Dandung Novianto², Medi Efendi³

¹ Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

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

¹noritzachusnulita29@gmail.com, ²d.novianto64@gmail.com, ³medipolinema@gmail.com

ABSTRAK

Gedung Medik Tahap 3 Rumah Sakit Siti Khadijah Sepanjang Sidoarjo merupakan bangunan delapan lantai yang berdiri pada kawasan padat penduduk, dengan kondisi tanah pada lokasi yang bertipikal lempung, fondasi eksisting menggunakan tiang pancang, sehingga getarannya berdampak besar bagi rumah warga disekitarnya. Tujuan dari skripsi ini adalah merencanakan fondasi *bored pile* sebagai alternatif fondasinya. Adapun permasalahan yang akan dibahas yaitu pembebanan struktur atas, daya dukung fondasi *bored pile*, dimensi *bored pile*, penurunan total fondasi, metode pelaksanaan, dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan fondasi. Pehitungan pembebanan mengacu pada SNI 1728:2019, sedangkan menghitung fondasi menggunakan data *Standard Penetration Test (SPT)*, serta untuk menghitung estimasi biaya menggunakan Harga Satuan Dasar Kabupaten Sidoarjo 2024. Berdasarkan hasil analisis didapat nilai pembebanan struktur atas (Q_v) sebesar 1005,77 ton. *Pile cap* dengan dimensi 3,6x3,6x1,3m berisi 4 *bored pile* dengan diameter 0,8m dan panjang 28m, daya dukung kelompok tiang (Q_g) sebesar 1566,29ton > (Q_v) 1005,77 ton. Penurunan total 4,47<15,55cm, dengan 15,55 ialah penurunan izin (memenuhi). Metode pelaksanaan ialah *temporary casing* dan menggunakan alat *drilling bore machine*, *crane*, *excavator*, pompa air, truk, sedangkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp6.311.344.814,00.

Kata kunci: Beban, Daya Dukung, Dimensi, Penurunan, Metode Pelaksanaan, RAB

ABSTRACT

The Phase 3 Medical Building of Siti Khadijah Sepanjang Sidoarjo Hospital is an eight story building that stands in a densely populated area, with soil conditions at the location being typically clay. The aim of this thesis is to plan drilled pile foundations according to is to design a bored pile foundation as an alternative. The issues to be addressed include the loading on the superstructure, the bearing capacity of the bored pile foundation, the dimensions of the bored piles, the total settlement of the foundation, the implementation method, and the Budget Plan (RAB) for the foundation work. Loading calculations refer to SNI 1728:2019, while foundation calculations use Standard Penetration Test (SPT) data, and cost estimation is based on the 2024 Sidoarjo District Basic Unit Price. According the results of the loading calculations, the load on the superstructure (Q_v) is 1005.77 tons. The pile cap with dimensions 3.6x3.6x1.3 meters contains 4 bored piles with a diameter of 0.8 meters and a length of 28 meters. The bearing capacity of the pile group (Q_g) is 1566.29 tons > (Q_v) 1005.77 tons. The total settlement is 4.47 < 15.55 cm. The implementation method involves temporary casing and uses a drilling bore machine, crane, excavator, water pump, and truck. The Budget Plan (RAB) amounts to IDR 6,311,344,814.00.

Keywords: Loading, Bearing Capacity, Dimension, Settlement, Work Method, RAB

1. PENDAHULUAN

Fondasi adalah struktur yang berada di bawah suatu

bangunan. Pekerjaan Fondasi berfungsi untuk memikul beban dari struktur atas kemudian disalurkan ke tanah, maka dari itu fondasi adalah pekerjaan yang sangat penting

di pembangunan konstruksi. Fondasi dalam adalah struktur bawah yang berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah keras yang berada jauh di bawah permukaan tanah. Fondasi dalam digunakan apabila daya dukung tanah mencukupi untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja pada lapisan tanah yang sangat dalam dari permukaan hingga kedalaman > 8 meter (Bowles, 1997) dalam (Gilang A.R. 2019). Peck dkk membedakan fondasi dalam dan fondasi dangkal dari nilai kedalaman (D_f/B), Dimana $D_f/B > 4$ = Fondasi Dalam, sedangkan apabila $D_f/B < 4$ = Fondasi Dangkal. Gedung Medik Tahap 3 Rumah Sakit Muhammadiyah Cabang Sepanjang merupakan Gedung penunjang kesehatan yang berada di Kabupaten Sidoarjo. Proyek Pembangunan Gedung ini berada di pemukiman padat penduduk. Pada keadaan eksisting proyek bangunan Rumah Sakit ini memiliki luas 15.710 m² dan menggunakan fondasi Tiang Pancang.

2. METODE

1. Lokasi Proyek

Lokasi Penelitian dilaksanakan di Proyek Pembangunan Gedung Medik Tahap 3 RS Siti Khodijah Muhammadiyah Cabang Sepanjang. Proyek berlokasi di Jalan Raya Bebekan, RT 02 RW 01, Bebekan, Kec. Taman, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, 61257 (Gambar 3.1). Tujuan Pembangunan proyek ini untuk meningkatkan kelas klasifikasi rumah sakit dari golongan B ke golongan A



Gambar 1 Lokasi Proyek

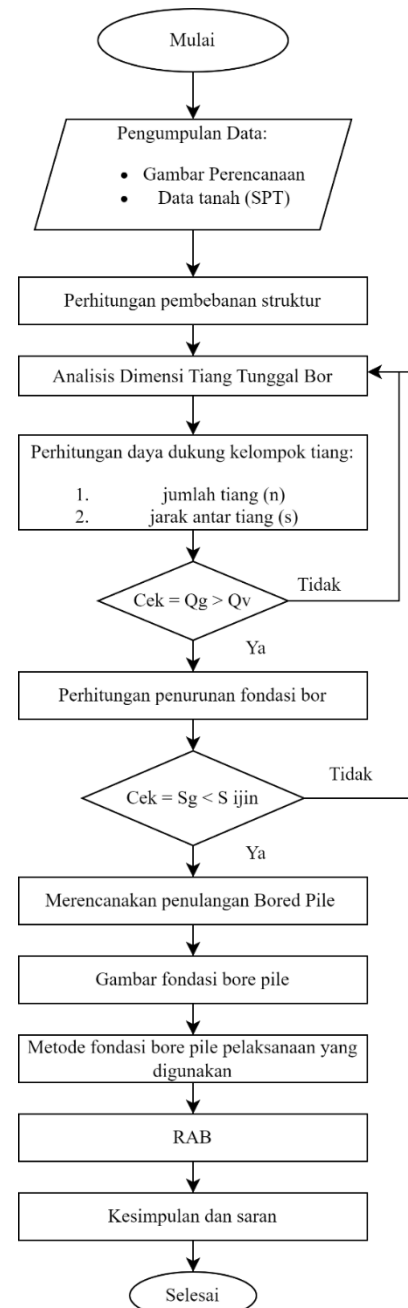
2. Data Perencanaan

Fondasi tiang bor digunakan pada saat kondisi tanah di lokasi pembangunan proyek tidak mempunyai daya dukung yang baik untuk menopang beban di atasnya, dan pada saat proses pelaksanaannya memiliki getaran yang kecil. Adapun data yang digunakan untuk menganalisisnya yaitu:

- Gambar denah RSUD Sidoarjo untuk obyek kontrol ulang.

- Data Tanah
- ### 3. Alat Bantu Perencanaan Ulang
- *Software Robot Structural Analysis (RSAP)*
Program ini untuk menganalisis dan mendesain suatu struktur yang berorientasi obyek.
 - *Program Gambar (Autocad 2024)*
Program komputer untuk membantu penggambaran detail-detail struktur yang diperlukan dalam perencanaan maupun perhitungan struktur.

3. Bagan Alir Perencanaan



Gambar 2 Bagan Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan Struktur Atas

Sebelum melakukan analisa perhitungan daya dukung, diperlukannya besar gaya aksial kolom yang pada penelitian ini dihitung melalui pemodelan dari software *Robot Structural Analysis Professional (RSAP)*. Berdasarkan analisis *RSAP* didapatkan nilai Q_v sebesar 1055,77 Ton.

Daya Dukung Tiang Tunggal

Dalam menganalisis perhitungan dimensi tiang bor, menggunakan tiga alternatif diameter tiang, dimensi penampang *bored pile* yang akan dibandingkan dalam perencanaan adalah diameter 0,6 m, 0,7 m dan 0,8m.

$$Q_p = A_p \cdot (p_a \cdot \overline{N_{60}} \frac{L}{D}) \leq A_p \cdot (4 \cdot p_a \cdot \overline{N_{60}})$$

p_a = tekanan atmosfer (100 kN/m²)

$$\overline{N_{60}} = \frac{CE \times C_b \times C_s \times C_r \times N}{0,60}$$

Dari perumusan Q_p dipakai nilai Q_p terkecil.

- Daya Dukung Tunggal (Q_p)

Contoh perhitungan DB1, diameter 80 cm

$$\begin{aligned} Q_p &= A_p \cdot (p_a \cdot \overline{N_{60}} \frac{L}{D}) \leq A_p \cdot (4 \cdot p_a \cdot \overline{N_{60}}) \\ &= 0,502 \cdot (100 \cdot 11,8 \cdot \frac{28}{0,8}) \leq 0,502 \cdot (4 \cdot 100 \cdot 11,8) \\ &= 668186,88 \leq 2374,98 \\ &= 2374,98 \text{ kN (terkecil)} \\ &= 2374,98 \cdot 0,1004 = 255,26 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Daya Dukung Selimut

$$\begin{aligned} Q_s &= f_{av} \cdot p \cdot l \\ f_{av} &= 0,02 \cdot p_a \cdot \overline{N_{60}} \\ &= 0,02 \cdot 100 \cdot 10,84 \\ &= 21,68 \text{ kN} \\ Q_s &= 21,68 \cdot 2,51 \cdot 28 \\ &= 1525,15 \text{ kN} \\ &= 1525,15 \cdot 0,1004 = 153,12 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 255,26 + 153,12 \\ &= 391,57 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\ &= \frac{391,57}{3} \\ &= 130,52 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Selanjutnya pada dimensi 70 cm dan 60 cm dihitung dengan cara yang sama, direkapitulasi sebagai berikut:

Tabel 1 Rekapitulasi Daya Dukung di Titik DB1

DB1			
Panjang Tiang 28m			
Diameter	0,8	0,7	0,6
Q_p (Ton)	2374,98	182,56	133,35
Q_s (Ton)	153,13	133,99	114,84
Q_{ult} (Ton)	391,57	316,55	246,58
Q_{all} (Ton)	130,52	105,52	82,73
Q_v (Ton)	1005,78	1005,78	1005,78
syarat	NO	NO	NO

Tabel 2 Rekapitulasi Daya Dukung di Titik DB2

DB2			
Panjang Tiang 28m			
Diameter	0,8	0,7	0,6
Q_p (Ton)	256,41	195,43	146,07
Q_s (Ton)	134,01	117,26	100,51
Q_{ult} (Ton)	390,42	316,55	246,58
Q_{all} (Ton)	130,14	104,23	82,19
Q_v (Ton)	1005,78	1005,78	1005,78
syarat	NO	NO	NO

- Jumlah tiang

$$Q_s = f_{av} \cdot p \cdot l$$

$$Q_v \text{ interior} = 1005,77 \text{ ton}$$

$$Q_v \text{ eksterior} = 716,48 \text{ ton}$$

$$n_{\text{interior}} = \frac{Q_v}{Q_{all}} = \frac{1005,77}{130,52} = 7,7 \approx 4 \text{ tiang}$$

Tabel 3 Jumlah Tiang

Diameter	Jumlah Tiang	
	DB1	DB2
0,8	4	4
0,7	6	6
0,6	8	8
Diameter	Jumlah Tiang	
	DB1	DB2
0,8	2	2
0,7	4	4
0,6	6	6

- Jarak Antar Tiang

Perhitungan jarak antar tiang adalah $S > 2,5D-3D$

Contoh perhitungan pada diameter 80 cm:

$$S > 2,5D-3D$$

Jarak minimum antar tiang *bored pile*

$$= 2,5D = 2,5 \cdot 80 = 200 \text{ cm}$$

Jarak maksimum antar tiang *bored pile*

$$= 3D = 3 \cdot 80 = 240 \text{ cm}$$

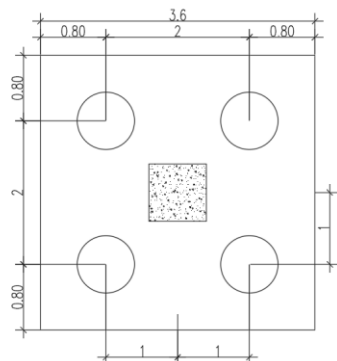
Jarak tepi Pile Cap ke tiang $D - 1,5 D$

$$= 80 - 1,5 \cdot 80 = 80 - 120 \text{ cm}$$

Selanjutnya pada diameter 60 dan 50 cm dihitung dengan cara yang sama, dengan hasil seperti berikut:

Tabel 2.2 Jarak Antar Tiang

Diameter (m)	Jarak antar tiang		Jarak tiang ke tepi	
	2,5.D	3.D	D	1,5.D
0,8	2,00	2,40	0,80	1,20
0,7	1,75	2,10	0,70	1,05
0,6	1,50	1,80	0,60	0,90



Gambar 2 Pile Cap Empat Tiang

- Efisiensi Kelompok Tiang Interior

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

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{D}{S} \right)$$

Contoh perhitungan pada diameter 80 cm

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{0,8}{2} \right) = 21,801$$

$$E_g = 1 - 21,801 \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} = 0,63$$

Selanjutnya pada diameter 60 dan 50 cm dihitung dengan cara yang sama, dengan hasil seperti berikut:

Tabel 4 Perhitungan Efisiensi Kelompok Interior

DB1			
Diameter	0,8	0,7	0,6
m	2	3	4
n	2	2	2
Eg	78%	71%	69%
DB2			
Diameter	0,8	0,7	0,6
m	2	3	4
n	2	2	2
Eg	78%	71%	69%

Daya Dukung Kelompok Tiang

Daya dukung kelompok tiang dengan keruntuhan tiang

$$\text{Interior: } Q_g = n \cdot m \cdot Q_{ult} = 2 \cdot 2 \cdot 316,55 = 1566,29 \text{ ton}$$

$$\text{Syarat: } Q_g \geq Q_v \quad 1566,29 \geq 1005,78 \text{ (OK)}$$

$$\text{Eksterior: } Q_g = n \cdot m \cdot Q_{ult} = 1 \cdot 2 \cdot 316,55 = 783,15 \text{ ton}$$

$$\text{Syarat: } Q_g \geq Q_v \quad 783,15 \geq 716,48 \text{ (OK)}$$

Penurunan Kelompok Tiang

- Penurunan Elastis

$$S_{g(e)} = \frac{0,96 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot I}}{\bar{N}}$$

$$\bar{N} = 10,97$$

$$L_g = 360 \text{ cm}$$

$$B_g = 360 \text{ cm}$$

$$Q_g = 1566,30 \text{ ton}$$

$$q = \frac{Q_g}{L_g \cdot B_g} = \frac{1566,30}{360 \cdot 360} = 0,012$$

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

$$= 1 - \frac{2800}{8 \times 360} \geq 0,50$$

$$= 0,027 \geq 0,50$$

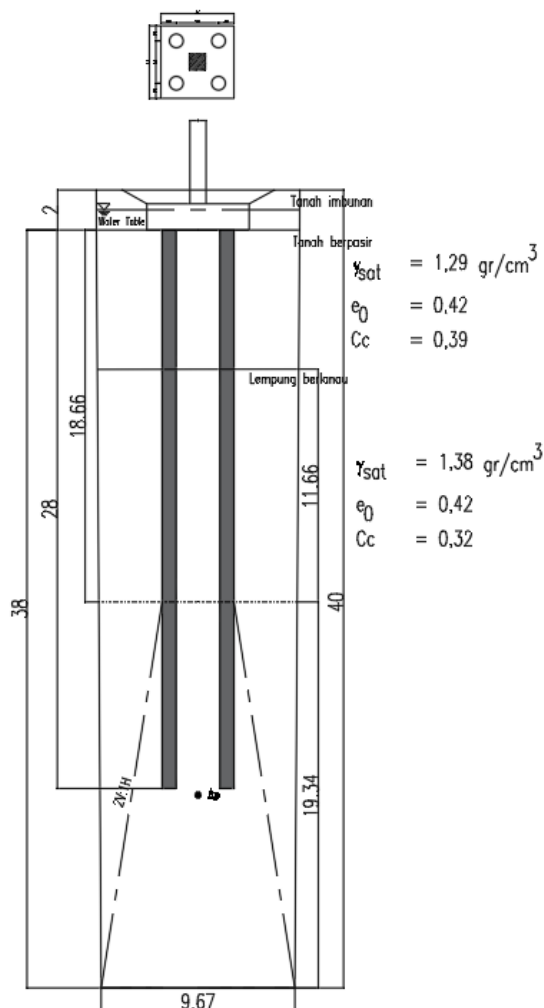
$$S_{g(e)} = \frac{0,96 \times 0,012 \sqrt{360 \times 0,027}}{10,84} = 0,005 \text{ cm}$$

Tabel 3 Rekapitulasi Penurunan Elastis

Pehitungan	Pile Cap	
	Interior	Eksterior
Q_g (Ton)	1566,29	783,15
L_g (cm)	360	360
B_g (cm)	360	160
q	0.012	0.027
I	0,875	0,718
$S_{g(e)}$ (cm)	0,005	0,001
$S_{ijin} < 15 \text{ cm} + b/600$	OK	OK

- Penurunan Konsolidasi

$$= 0,041 \text{ m} = 4,1 \text{ cm}$$



Gambar 3 Penurunan Konsolidasi

$$Q_g = 1566,29 \text{ Ton}$$

$$L_g = 3,6 \text{ m}$$

$$B_g = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman tanah lempung} = 9-39 \text{ m}$$

$$\text{Penurunan Lapisan tanah lempung}$$

$$h = 20 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,75 \text{ gr/cm}^3$$

$$e_0 = 0,42$$

$$C_c = 0,32$$

$$z_i = 9,67 \text{ m (jarak dari } z_0 \text{ ke Tengah lapisan)}$$

$$\Delta p_i = \frac{Q_g}{(B_g + z_i) \cdot (L_g + z_i)} = \frac{1976,52}{(3,6 + 9,67) \cdot (3,6 + 9,67)} = 11,20 \text{ m}$$

$$P_{01} = \gamma_{\text{sat}} \cdot h = 1,75 \cdot 20 = 35$$

$$\Delta S_c = \left[\frac{C_{c(1)} \cdot H_1}{1 + e_{0(1)}} \right] \log \left[\frac{P_{0(1)} + \Delta P_i}{P_{0(1)}} \right] = \left[\frac{0,32 \cdot 20}{1 + 0,42} \right] \log \left[\frac{35 + 11,2}{35} \right]$$

- Penurunan Total Kelompok Tiang

$$\text{Total penurunan keseluruhan} = S_c + \Delta S_c$$

$$= 0,017 \text{ cm} + 4,1 \text{ cm}$$

$$= 4,117 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 8460:2019 pasal 9.2.4.3 besar

penurunan izin $< 15 \text{ cm} + b/600$ untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman.

$$4,117 < 15 \text{ cm} + b/600$$

$$4,117 \text{ cm} < 15,6 \text{ cm (OK)}$$

Selanjutnya Pile Cap Eksterior dihitung dengan cara yang sama, dengan hasil seperti berikut:

Tabel 2. 4 Rekapitulasi Penurunan Izin

Pehitungan	Pile Cap	
	Interior	Eksterior
Q_g (Ton)	1566,29	783,15
L_g (m)	3,6	3,6
B_g (m)	3,6	1,6
$S_{g(e)}$ (m)	0,017	0,021
Δp_i	11,20	5,23
P_{01}	330	330
ΔS_c (cm)	4,3	2,0
S_c	0,017	0,021
$S_c + \Delta S_c$	4,31	2,02
$< 15 \text{ cm} + b/600$	OK	OK

Metode Pelaksanaan

Pada saat proses pelaksanaan fondasi eksisting menggunakan tiang pancang, getaran yang dihasilkan berdampak pada rumah di sekitar proyek dikarenakan proyek ini berada di kawasan padat penduduk. Maka dari itu dipilih alternatif fondasi yaitu fondasi tiang bor. Proses pelaksanaan tiang bor menggunakan casing atau metode pipa selubung baja agar dapat mengurangi longsor pada saat proses pengeboran.

a) Metode Pelaksanaan *bored pile*

1. Pembersihan lahan
2. Penentuan titik fondasi
3. Pemasangan *stand pipe/casing*
4. *Setting* mesin
5. Fabrikasi penulangan
6. Proses pengeboran
7. Proses pengecoran

b) Metode Pelaksanaan *pile cap*

1. Pembersihan lahan
2. Penggalian tanah
3. Fabrikasi tulangan
4. Proses pengecoran

Rencana Anggaran Biaya

Metode pelaksanaan yang telah ditentukan akan mempengaruhi perhitungan Rencana Anggaran Biaya. Dengan mengacu pada Peraturan Bupati Sidoarjo Nomor 34 Tahun 2023 Tentang Analisa Standar Belanja Di Lingkungan Pemerintah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2024.

4. KESIMPULAN

- 1) Hasil analisis pembebanan struktur menghasilkan nilai Q_v terbesar yaitu:
 - $Q_v \text{ max (interior)} = 1007,77 \text{ Ton}$
 - $Q_v \text{ max (eksterior)} = 716,48 \text{ Ton}$
- 2) Analisa daya dukung menggunakan metode Mayerhoff dengan 3 rencana diameter, didapatkan hasil yang paling efektif adalah:
 - a) Titik DB1
 - Diameter 0,8m, $Q_{all} = 130,52 \text{ Ton}$
 - b) Titik DB2
 - Diameter 0,8m, $Q_{all} = 130,14 \text{ Ton}$
- 3) Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, didapat perbandingan daya dukung fondasi tiang tunggal dan kelompok dengan berbagai macam diameter, yang paling efisien adalah diameter 80cm dengan Panjang tiang 28 m, lalu dapat direkapitulasi jumlah tiang dalam satu Pile Cap, sebagai berikut:
 - Pile Cap Interior = 4 Tiang
 - Pile Cap eksterior = 2 tiang
- 4) Hasil dari analisis penurunan total fondasi tiang yaitu sebagai berikut:

Penurunan total sebesar 4,47cm, Dimana nilai tersebut lebih kecil dari penurunan izin yaitu 15,55cm, sehingga penurunan total fondasi *bored pile* memenuhi

- 5) Metode pelaksanaan pda pekerjaan fondasi *borepile* menggunakan metode casing sementara (*Temporary Casing*)
- 6) Hasil analisis RAB (Rencana Anggaran Biaya) adalah Rp.6.311.344.814,00 (Enam Miliar Tiga Ratus Sebelas Juta Tiga Ratus Empat Puluh Empat Ribu Delapan Ratus Empat Belas Rupiah).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowles, J.E., 1986, *Analisis dan Desain Fondasi jilid 2*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [2] Bowles, J.E., 1986, *Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- [3] Das, B.M., 1994, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [4] Kurniawan, R. I., Ridwan, A., Winarto, S., & Candra, A. I. (2019). *Perencanaan Fondasi Tiang (Studi Kasus Hotel Merdeka Tulungagung)*. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS)*, 2(1), 144-153.
- [5] Fitriani, A. D. (2023). *STUDI PERENCANAAN FONDASI BORED PILE (BORED PILE) PADA GEDUNG UNIMUDA HOSPITAL SORONG* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong).
- [6] Umum, K. P., & Rakyat, P. (2019). Kumpulan korelasi parameter geoteknik dan fondasi. *Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta*.