

Analisis Kebutuhan Kapasitas Fondasi *Piled Raft* Studi Kasus Pegadaian Tower, Jakarta Pusat

**ADITIA FEBRIANSYA*, ISKANDAR, AGUS SUYONO,
NIDA AMALIA SHOLEHAH, NISA HANDAYANI**

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Indonesia
Email: aditia.febriansya@polban.ac.id

ABSTRAK

Pada artikel ini akan dibahas analisis kapasitas fondasi rakit dengan tambahan fondasi tiang (piled raft) pada Pegadaian Tower, Jakarta Pusat. Analisis dilakukan berdasarkan SNI 8460:2017 yaitu fondasi harus memenuhi persyaratan kekuatan terhadap gaya vertikal maupun horizontal dengan faktor keamanan yang mencukupi. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, Pegadaian Tower berada di atas lapisan tanah lunak hingga kedalaman 20 meter, terdapat lapisan lensa tanah, dan tidak ditemukan lapisan tanah keras dengan $N > 60$ hingga kedalaman 80 meter, sehingga dipilih jenis fondasi piled raft. Metodologi analisis dimulai dengan menentukan pembebanan berdasarkan standar yang berlaku, melakukan analisis kapasitas fondasi raft dan bored pile. Berdasarkan hasil perancangan, didapat diameter bored pile dengan diameter 1,2-meter pada kedalaman 35-meter dan daya dukung aksial sebesar 3928,87, dibutuhkan sebanyak 220 tiang, sehingga menghasilkan daya dukung 468.628,28 kN (81,848%). Daya dukung fondasi raft sebesar 54,25 kN/m² (18,15%) dengan ketebalan 1,6 meter.

Kata kunci: *piled raft, bored pile, daya dukung fondasi, penurunan fondasi*

ABSTRACT

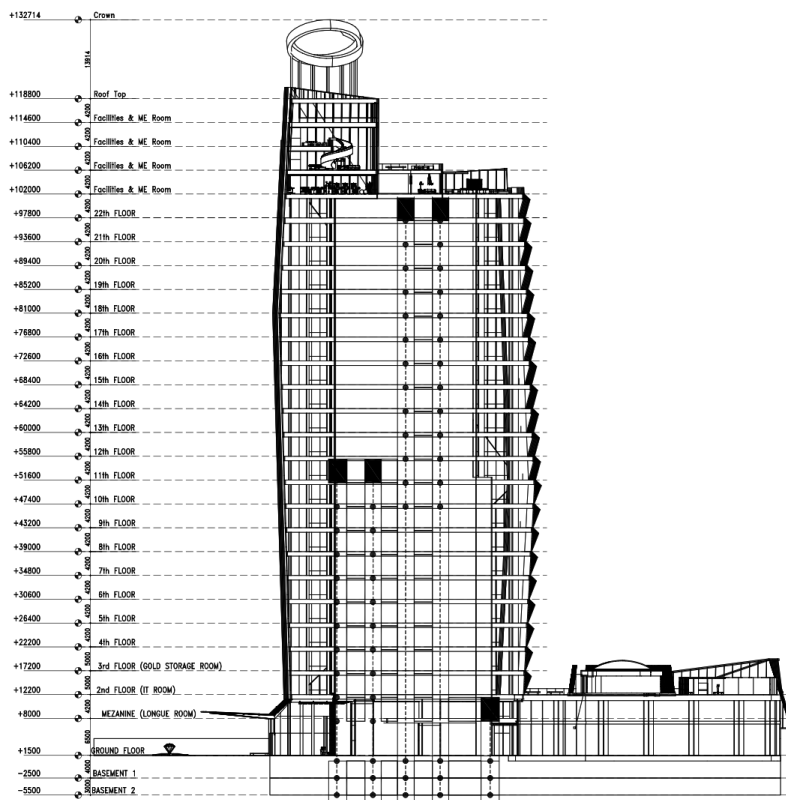
In this article, we will discuss the analysis of the capacity of the piled-raft foundation at Pegadaian Tower, Central Jakarta. The analysis was carried out based on SNI 8460: 2017, namely the foundation must meet the strength requirements for vertical and horizontal forces with an adequate safety factor. Based on soil investigation, Pegadaian Tower stood on top of a soft soil layer up to a depth of 20 meters, there is a layer of soil lenses, and no hard soil layer with $N > 60$ is found up to a depth of 80 meters, so the piled raft foundation type was chosen. Methodological analysis begins with determining the loading based on applicable standards, analyzing the capacity of raft foundations and bored piles. Based on the results, bored pile diameter with a diameter of 1.2-meters at a depth of 35-meters and an axial carrying capacity of 3928,87 kN, 220 piles are needed, resulting in a carrying capacity of 468.628,28 kN (81,848%). The bearing capacity of the raft foundation is 54,25 kN/m² (18,15%) with a thickness of 1,6 meters.

Keywords: *piled raft, bored pile, foundation bearing capacity, foundation settlement*

1. PENDAHULUAN

Suatu bangunan dapat berdiri kokoh karena terdapat konstruksi atau struktur yang menopangnya. Seiring dengan berkembangnya dunia industri konstruksi, muncul tuntutan bagi para ahli sipil untuk dapat mengembangkan setiap rancangan desain dari suatu bangunan yang akan dibangun. Sehingga desain struktur sebuah bangunan akan semakin berkembang dari waktu ke waktu dan muncul berbagai alternatif desain yang dapat digunakan. Fondasi berfungsi sebagai penerima beban di atasnya untuk selanjutnya disalurkan ke tanah harus dirancang hingga memenuhi persyaratan agar dapat menahan beban sehingga tidak menyebabkan kegagalan pada struktur fondasi juga bangunan di atasnya [1] [4] [5] [7] [8] [12]. Berdasarkan SNI 8460:2017 mengenai Persyaratan Perancangan Geoteknik, rancangan fondasi harus memenuhi persyaratan kekuatan (*strength requirement*) dan memenuhi persyaratan penurunan (*serviceability requirement*).

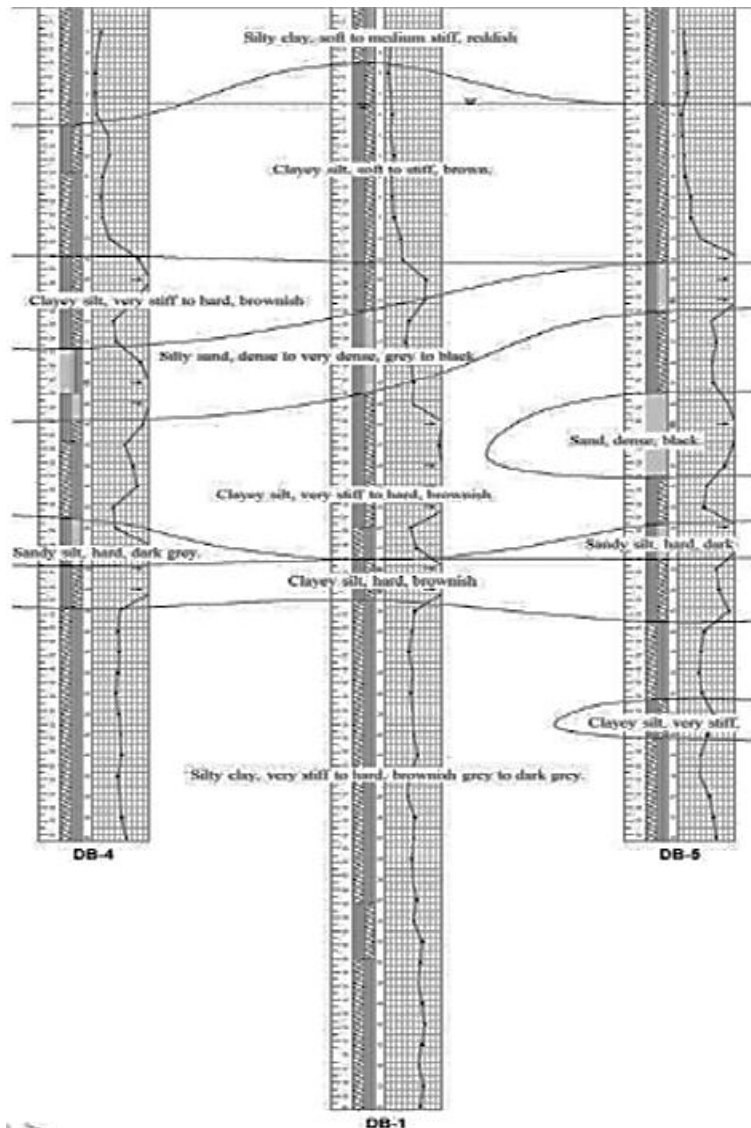
Pegadaian Tower merupakan gedung bertingkat milik PT Pegadaian (Persero) dengan 22 lantai, 2 *basement*, dan 4 lantai Fasilitas dan ME, yang terletak di jalan Kramat Raya No. 162 Jakarta Pusat. Pegadaian Tower memiliki luas area 17.685 m² dengan sekitar 2.000 m² merupakan area *tower*, seperti terlihat pada **Gambar 1**. Pegadaian Tower dibangun dengan tujuan sebagai kantor pusat PT Pegadaian (Persero). Bangunan ini terletak di tengah kota sehingga dalam perancangan strukturnya perlu diperhatikan dampaknya bagi bangunan dan lingkungan sekitar.



Gambar 1. Potongan samping Pegadaian Tower, Jakarta Pusat

Standard Penetration Test (SPT) dilaksanakan untuk mengetahui susunan lapisan tanah dan kekerasan. Berdasarkan hasil N-SPT dan stratigrafi tanah pada elevasi 0–15,5 meter tanah merupakan tanah lunak. Permasalahan utama bila suatu bangunan di atas tanah lunak adalah lemahnya daya dukung dan besarnya penurunan [3] [9] [10]. Sehingga penurunan akan menjadi masalah apabila mendirikan fondasi *raft* pada elevasi 5,5–15,5 meter. Sedangkan, membangun fondasi *raft* pada kedalaman > 15,5 meter akan memerlukan biaya yang besar

dan waktu yang lama. Hal ini dikarenakan memerlukan penggalian yang dalam dan luasan yang besar, mengingat fondasi *raft* memiliki luasan yang besar. Stratigrafi tanah pada area Pegadaian Tower dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Stratigrafi tanah pada area Pegadaian Tower

Selain memiliki konsistensi tanah yang lunak, terdapat pula lapisan lensa tanah keras pada elevasi 20–21,5 meter. Lapisan lensa tanah merupakan lapisan tanah keras yang terdapat di antara tanah lunak. Kondisi tanah tersebut berbahaya bagi bangunan apabila berat beban bangunan lebih besar dari kekuatan lapisan tanah lensa karena lapisan ini bukan lapisan tanah keras yang sebenarnya. Dengan kondisi tanah berlensa dan kekuatan yang rendah, fondasi yang berdiri pada tanah tersebut akan memiliki risiko kegagalan yang besar apabila beban bangunan di atasnya melebihi kekuatan lapisan lensa tersebut. Oleh karena itu, struktur bawah pada proyek ini akan dirancang menggunakan fondasi *piled raft* yaitu kombinasi dari fondasi *bored pile* dan *raft*.

Fondasi *piled raft* ini dipilih karena dapat mengendalikan penurunan, kestabilan, dan daya dukung tanah dengan baik [2] [11]. Fondasi *raft* digunakan untuk mendistribusikan beban bangunan secara merata karena bangunan tersebut termasuk bangunan bertingkat tinggi dan memiliki beban yang sangat besar. Untuk mengatasi lapisan lensa dan kondisi tanah yang memiliki konsistensi lunak, maka untuk menyebarkan beban ke tanah, menambah daya

dukung, dan meminimalisir penurunan, digunakan fondasi *bored pile*. Fondasi *bored pile* digunakan karena memiliki daya dukung friksi yang baik yang dapat mengurangi penurunan [6].

2. METODOLOGI

Analisis dan perancangan fondasi *piled raft* pada Pegadaian Tower, Jakarta Pusat dimulai dengan analisis pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Perancangan fondasi *raft* dan *bored pile* dilakukan berdasarkan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik hingga fondasi memenuhi persyaratan kekuatan (*strength requirement*) dan persyaratan kemampuan (*serviceability requirement*).

3. ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1 Analisis Pembebanan Gedung

Analisis pembebanan Pegadaian Tower dihitung sesuai dengan SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019. Berdasarkan hasil pembebanan struktur atas, berikut merupakan rekapitulasi dari total gaya-gaya dalam yang dihasilkan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Selanjutnya beban tersebut dijumlahkan dengan beban mati yang fondasi *raft* dengan asumsi tebal 1,6 meter.

Tabel 1. Rekapitulasi Gaya-Gaya Dalam dari Hasil Pembebanan

$\sum H_x$ [kN]	$\sum H_y$ [kN]	$\sum F_z$ [kN]	$\sum M_x$ [kNm]	$\sum M_y$ [kNm]
-1.199,130	1.529,910	48.7365,010	-104,524	264,005

Beban total

Hasil penjumlahan dari beban struktur atas berdasarkan pemodelan struktur ditambah dengan beban dari fondasi *raft*.

$$P_{raft} = BJ \times V_{raft}$$

$$= 24 \times (2.156,594 \times 1,6) = 82.813,200 \text{ kN}$$

$$Q_{raft} = \frac{P_{raft}}{Luas}$$

$$= \frac{82.813,200}{2.156,594} = 38,4 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{total} = P + P_{raft}$$

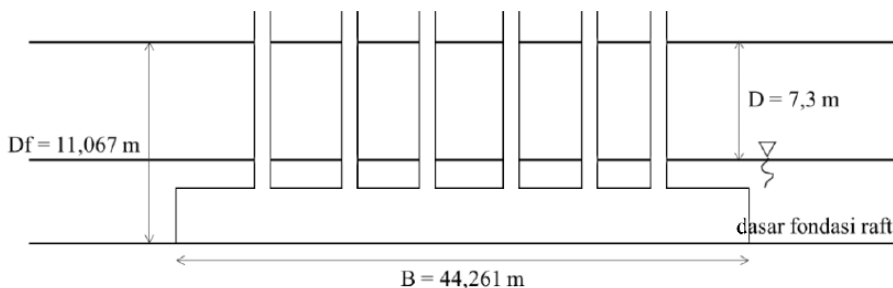
$$= 487.365,01 + 82.813,2 = 570.178,210 \text{ kN}$$

$$Q_{total} = Q_{struktur} + Q_{raft}$$

$$= 225,988 + 38,4 = 264,388 \text{ kN/m}^2$$

3.2 Analisis Daya Dukung Fondasi *Raft*

Analisis daya dukung izin fondasi *raft* dilakukan sesuai dengan SNI 8460:2017 berdasarkan hasil pengujian NSPT dengan memperhatikan tiga elevasi dasar fondasi *raft* yang berbeda dan diambil rata-ratanya sehingga didapat hasil dapat dilihat pada **Gambar 3**. Hasil analisis daya dukung fondasi *raft* pada Pegadaian Tower menggunakan metode rasional analitik dapat dilihat pada **Tabel 4**, selanjutnya daya dukung diambil hasil yang konservatif, yaitu 54,264 kN/m² berdasarkan formula Meyerhof (1956;1974b).



Gambar 3. Sketsa analisis fondasi raft pada Pegadaian Tower

Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya Dukung Raft

Q_a [kN/m ²]		
Meyerhof (1965, 1974b)	Bowles (1968)	Terzaghi (1943)
54,251	84,767	149,823

Beban yang Ditahan Fondasi Raft dan Bored Pile

Berdasarkan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, beban yang ditahan fondasi raft tidak boleh melebihi 25% dari tekanan atau beban total struktur atas, selanjutnya dihitung persentase daya dukung fondasi raft terhadap beban total:

$$\begin{aligned} \text{Beban raft [\%]} &= \frac{Q_a}{Q_{total}} \times 100\% \\ &= \frac{54,251}{264,388} \times 100\% = 20,519\% \end{aligned}$$

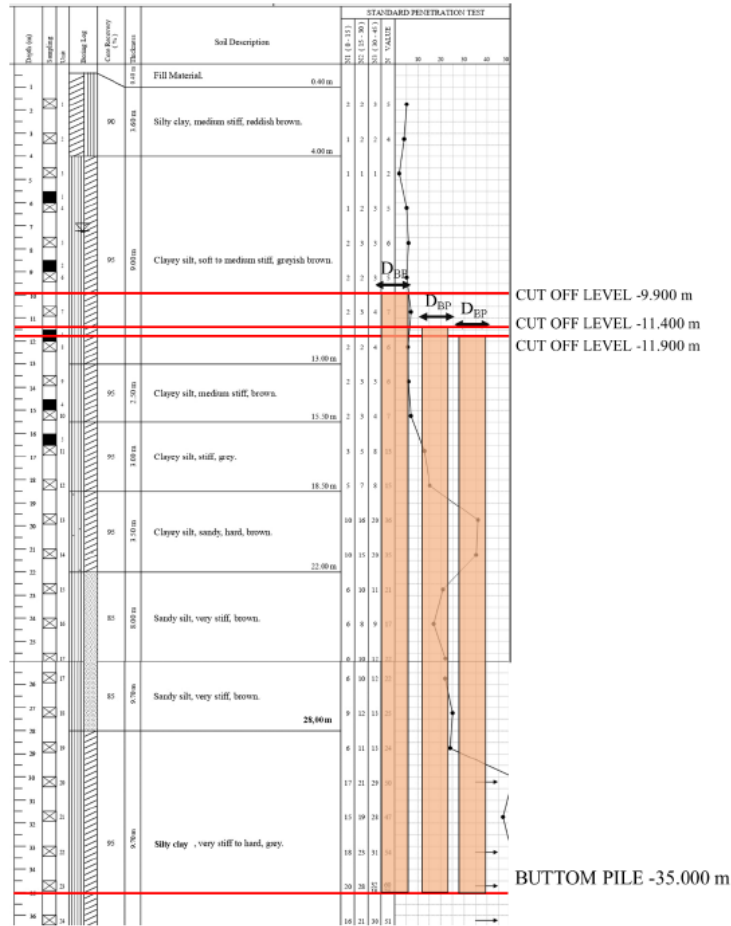
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa fondasi raft hanya menahan 20,219% dari beban yang bekerja, maka sisa beban yang tidak mampu ditahan fondasi raft ditahan oleh fondasi bored pile.

$$\begin{aligned} \text{Sisa tekanan} &= 264,388 \text{ kN/m}^2 - 54,251 \text{ kN/m}^2 \\ &= 210,137 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

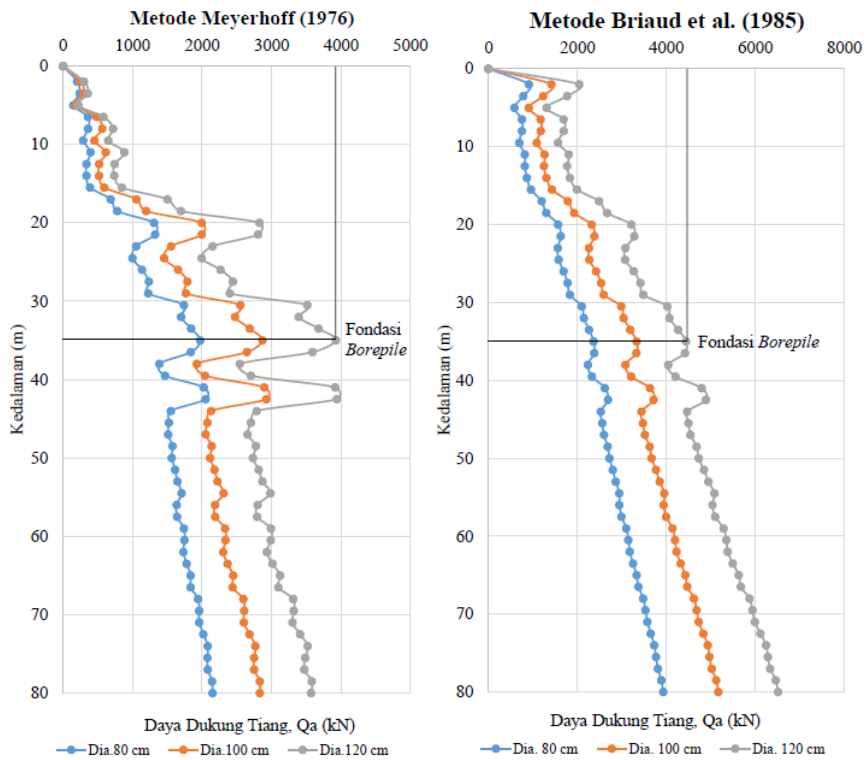
$$\begin{aligned} \text{Beban bored pile [\%]} &= 100\% - \text{beban raft [\%]} \\ &= 100\% - 20,519\% \\ &= 79,481\% \end{aligned}$$

3.3 Analisis Daya Dukung Fondasi Bored Pile

Daya dukung izin fondasi bored pile ditentukan sesuai dengan SNI 8460:2017 dengan faktor keamanan 2,5 untuk memenuhi persyaratan kekuatan (*strength requirement*) yang diperlukan. Analisis yang dilakukan adalah metode rasional analitik sesuai dengan formula yang disarankan oleh Meyerhof (1976) dan Briaud et al (1985) menggunakan hasil pengujian NSPT. Variasi diameter fondasi ditentukan untuk mendapatkan dimensi fondasi yang paling optimal. Visualisasi fondasi bored pile terhadap hasil pengujian NSPT dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil analisis daya dukung tiang tunggal (*single pile*) fondasi bored pile dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 3.



Gambar 4. Visualisasi fondasi *bored pile* terhadap hasil uji SPT



Gambar 5. Hasil analisis daya dukung tiang tunggal berdasarkan metode analitik

Tabel 3. Pengujian Kadar Endapan

Diameter [m]	Cut off level [m]		
	9,9	11,4	11,9
Metode Meyerhof (1976)			
0,8	1.973,933	1.963,780	1.960,764
1	2.870,737	2.858,045	2.854,275
1,2	3.928,868	3.912,638	3.909,114
Metode Briaud, et al. (1985)			
0,8	2.366,521	2.309,444	2.291,195
1	3.331,034	3.259,687	3.236,877
1,2	4.444,699	4.359,084	4.331,711

Dengan menimbang ketersediaan alat di lapangan maka digunakan tiang dengan diameter 1,2 meter. Berdasarkan analisis daya dukung tiang tunggal daya dukung izin fondasi paling konservatif yaitu metode Meyerhof (1976), diperoleh sebesar 3.928,868 kN; 3.913,638 kN dan 3.909,114 kN pada *cut off level* 9,9 m; 11,4 m dan 11,9 m.

3.4 Analisis Kebutuhan Kelompok Tiang Fondasi *Bored Pile*

Beban yang akan ditampung oleh fondasi *bored pile* sebesar 79,481% dari total keseluruhan beban yaitu 570.178,21 kN dan terdapat 68 titik kolom yang harus ditahan oleh fondasi yang memiliki beban dan kedalaman yang berbeda-beda di setiap titik kolomnya. Berikut salah satu contoh perhitungan jumlah fondasi *bored pile*.

$$\begin{aligned} \text{Beban}_{18} [\%] &= \frac{\text{Beban}_{18}}{\text{Beban}_{\text{total}}} \times 100\% \\ &= \frac{653,69}{570.178,210} \times 100\% = 0,134\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban}_{18 \text{ bored pile}} &= \text{Beban}_{18} [\%] \times \text{Beban}_{\text{bored pile}} \\ &= 0,134\% \times 453.180,656 \text{ kN} \\ &= 607,839 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang [n]} &= \frac{\text{Beban}_{18 \text{ bored pile}}}{Q_a} \\ &= \frac{607,839}{3.928,868} = 0,155 \approx 1 \text{ tiang} \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan pada seluruh titik untuk mengetahui jumlah tiang yang dapat menahan beban dan jumlah tiang yang diperlukan sebanyak 148 tiang.

Daya Dukung Kelompok Tiang

Kebutuhan jumlah fondasi atau daya dukung kelompok tiang (*pile group*) ditentukan agar dapat diketahui jumlah daya dukung total dari kelompok tiang. Perhitungan ini didasari dengan berkurangnya nilai daya dukung tiang yang diletakkan secara berkelompok akibat adanya efisiensi tiang grup. Efisiensi kelompok tiang dihitung menggunakan metode Converse-Labarre, yaitu:

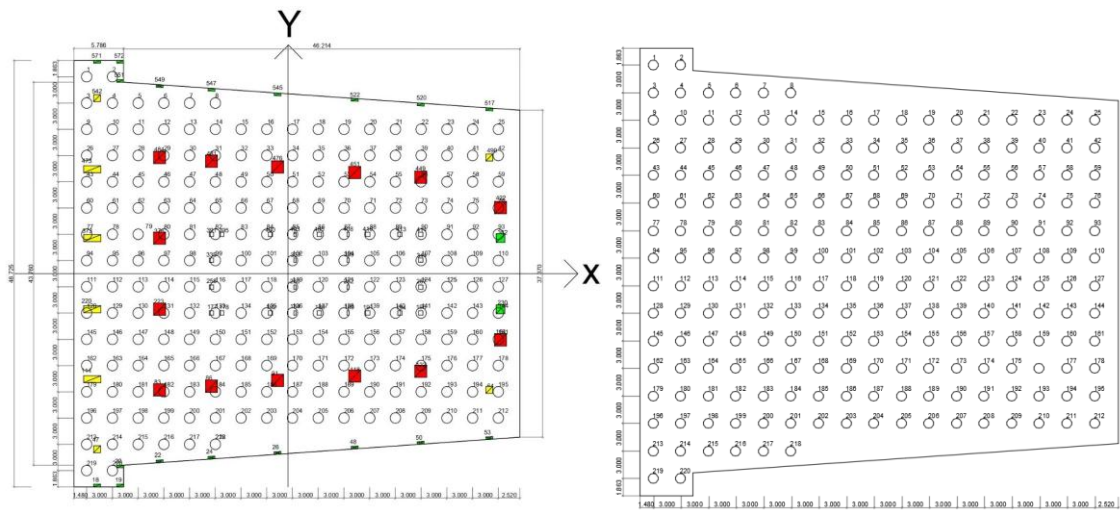
$$E_g = 1 - \tan^{-1}(D/s) \frac{(n'-1)m+(m-2)n'}{90mn'} \quad \dots(1)$$

Luasan efektif fondasi raft harus dikoreksi terhadap luas-luas permukaan fondasi *bored pile*, yaitu $A_{\text{efektif}} = A_{\text{raft}} - A_{\text{kelompok tiang}}$. Perbandingan konfigurasi tiang dan daya dukung kelompok tiang terhadap beban yang harus ditahan oleh *bored pile* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Daya Dukung Kelompok Tiang

Konfigurasi		Jumlah Fondasi	Jarak [m]	Efisiensi E_g	Q_{pg} [kN]	$A_{efektif\ raft}$	% P_{raft}	% $W_{bored\ pile}$	$W_{bored\ pile}$ [kN]	Selisih Beban [kN]	Ket.
m	n										
12	13	156	3	0,554	338.051,30	1.980,162	18,841	81,159	462.752,275	-124.700,979	Tidak
13	14	6182	3	0,551	392.341,49	1.950,757	18,561	81,439	464.347,545	-72.006,059	Tidak
14	15	6198	3	0,549	424.910,04	1.932,661	18,389	81,611	465.329,250	-40.419,212	Tidak
15	16	210	3	0,547	448.886,66	1.914,565	18,260	81,740	466.065,528	-17.178,871	Tidak
16	17	220	3	0,545	468.628,28	1.907,780	18,152	81,848	466.679,094	1.949,191	Ya

Berdasarkan hasil analisis fondasi tiang tunggal dan kelompok tiang diperoleh konfigurasi tiang yaitu $m = 16$ dan $n = 17$ dengan jumlah tiang sebanyak 220 tiang. Sketsa konfigurasi tiang dalam fondasi *raft* ditampilkan dalam **Gambar 6**.



Gambar 6. Konfigurasi kelompok tiang terhadap denah kolom

3.5 Analisis Daya Dukung Fondasi *Piled Raft*

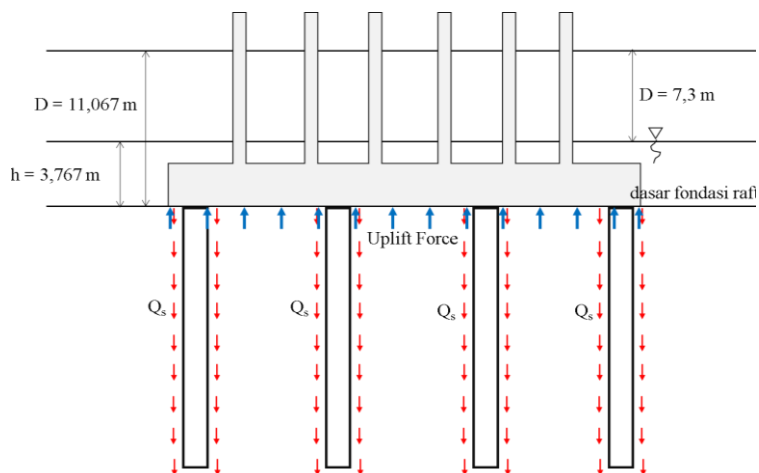
Daya dukung fondasi *piled raft* ditentukan untuk mengetahui daya dukung keseluruhan dari gabungan fondasi *raft* atau rakit dan kelompok tiang fondasi *bored pile*. Daya dukung fondasi *piled raft* merupakan penjumlahan dari daya dukung fondasi *bored pile* dan fondasi *raft* yang kemudian dibandingkan dengan beban total bangunan (V). Berdasarkan hasil analisis fondasi *piled raft* sudah memenuhi persyaratan keamanan sesuai dengan SNI 8460:2017.

$$\begin{aligned}
 Q &= (Q_{raft} \times A) + Q_{pg} \\
 &= (54,251 \times 1.907,780) + 468.628,285 \\
 &= 572.127,401 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &> V \\
 572.127,401 \text{ kN} &> 570.178,210 \text{ kN} \dots \text{ (Memenuhi Persyaratan)}
 \end{aligned}$$

3.6 Gaya Angkat (*Uplift*)

Fondasi *piled raft* yang dirancang, berada pada kedalaman 9,9 meter sampai 11,9 meter dan berada di bawah muka air tanah yang terletak pada kedalaman 7,3 meter seperti terlihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Sketsa raft dan kedalaman muka air tanah

$$\begin{aligned} \text{Uplift Pressure (U)} &= \gamma_w \times h \\ &= 10 \times 3,7667 \\ &= 37,667 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Uplift Force (U}_f) &= U \times A_{\text{efektif}} \\ &= 37,667 \times 1.907,780 \\ &= 71.859,699 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung friksi (Q}_s) &= A_s \times f_s \\ &= (\pi d z) \times \left(\frac{1}{100} \times N60 \times \sigma_r\right) \\ &= 2.513,023 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q_s &= E_g \times n \times Q_s \\ &= 0,545 \times 220 \times 2.513,023 \\ &= 301.263,549 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Keamanan} &= \frac{Q_{spg}}{U_f} \\ &= \frac{301.263,549}{71.859,699} \\ &= 4,192 > \text{SF Rekomendasi} = 1,5 \dots \text{ (Memenuhi Persyaratan)} \end{aligned}$$

3.7 Ketahanan terhadap Beban Lateral

Analisis beban lateral dilakukan dengan menggunakan aplikasi L-PILE, dengan memodelkan tiang *bored pile* yang sebelumnya sudah dilakukan perhitungan sehingga didapat diameter dan kedalaman tiang. Dari hasil *input* tersebut didapat defleksi tiang sebesar 0,00005614 m atau 0,056 mm dan memenuhi defleksi maksimum sesuai SNI 8460:2017 yaitu 12 mm dan nilai daya dukung lateral maksimum sebesar 326,916 kN. Cek terhadap faktor keamanan:

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{Q_{pg}}{\Sigma H_x} = \frac{326,916}{5,451} = 59,978 \geq 2,5 \dots \text{ (Memenuhi Persyaratan)}$$

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{Q_{pg}}{\Sigma H_y} = \frac{326,916}{6,954} = 47,010 \geq 2,5 \dots \text{ (Memenuhi Persyaratan)}$$

3.8 Penurunan Fondasi

Perhitungan penurunan pada fondasi dilakukan dengan menggunakan penurunan kelompok tiang *bored pile*. Fondasi ini tidak mengalami penurunan konsolidasi karena tidak memiliki lapisan tanah lunak dari dasar fondasi ke tanah keras ($H = 0$), maka nilai penurunan konsolidasi sama dengan nol ($S_c = 0$), sehingga penurunan total (S_{tot}) sama dengan

penurunan segera (S_i). Penurunan segera dihitung akibat modulus elastisitas lapisan tanah dan elastisitas fondasi tiang itu sendiri. Sketsa serta hasil perhitungan penurunan fondasi dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Tabel 5**.

Tabel 5. Penurunan Segera pada Beban Terbagi Rata Akibat Modulus Elastisitas Tanah

	Steinbenner (1943)	Janbu, et al. (1956)
$S_{i(1)}$	12,65 mm	27,68 mm
$S_{i(1)}'$	9,174 mm	20,07 mm

Penurunan segera akibat elastisitas tiang

$$S_{i(2)} = \frac{QL}{A_p E_p} = \frac{2.943,309 \times 23,1}{\left(\frac{1}{4}\pi \times 1,2 \times 1,2\right) \times (23.500.000)} = 0,002558 \text{ meter} = 2,558 \text{ mm}$$

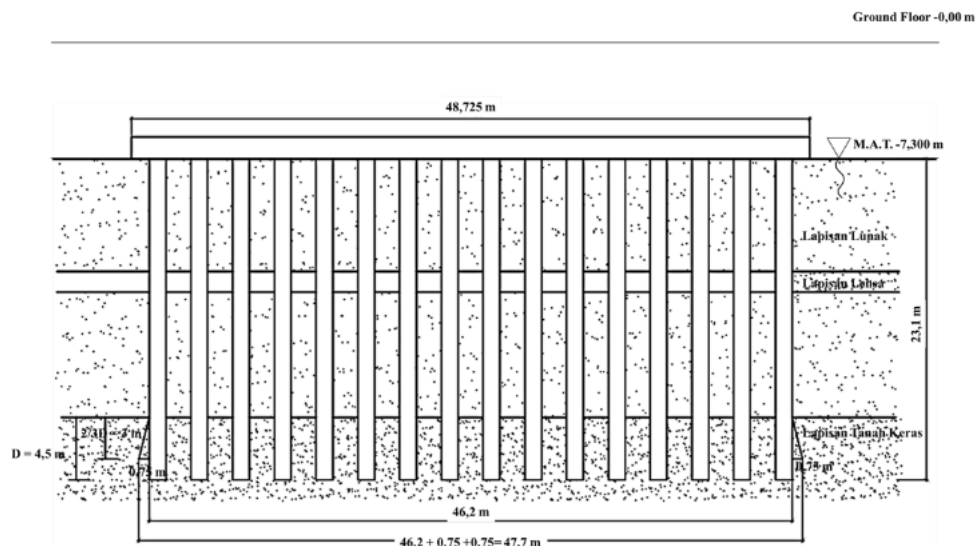
$$S_{i(2)}' = \alpha \times S_i = 0,725 \times 0,002558$$

$$S_{i(2)}' = 0,001855 \text{ meter} = 1,855 \text{ mm}$$

Penurunan total

$$S_{total} = S_{i(1)}' + S_{i(2)}' < S_{all}$$

$$= 20,068 + 1,855 \text{ mm} = 21,923 \text{ mm} < 150 \text{ mm} \dots (\text{Memenuhi Persyaratan})$$



Gambar 8. Sketsa analisis penurunan fondasi *piled raft*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, fondasi *piled raft* menjadi alternatif yang dapat digunakan pada kondisi tanah lensa yang memiliki beban bangunan yang cukup besar di atasnya. Dapat disimpulkan bahwa fondasi dirancang dengan ketebalan *raft* 1,6 meter dan diameter *bored pile* 1,2 meter pada kedalaman 35 meter. Daya dukung *raft* sebesar 54,251 kN/m² dan fondasi *bored pile* (kelompok) 468.628,285 kN/m² sebanyak 220 tiang dengan jarak 3 meter. Persentase beban yang ditahan *raft* sebesar 18,152% dan *bored pile* sebesar 81,848% dari beban total. Dan fondasi *piled raft* ini memenuhi persyaratan kekuatan dan persyaratan penurunan yaitu 21,923 mm < 150 mm. Berdasarkan hasil analisis fondasi *piled raft* telah memenuhi keseluruhan persyaratan kekuatan (*strength requirement*) dan kemampuan (*serviceability requirement*) berdasarkan SNI 8460:2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badrudin, M., & Ikhya. (2018). Pengaruh Kapasitas Daya Dukung terhadap Letak Fondasi Dangkal Tipe Menerus di Sepanjang Lereng dengan Menggunakan Metode Analitik dan Numerik. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 4(2), 113–124.
- [2] Chrystalloy, J., & Susilo, A. J. (2019). Analisis Perbandingan Penggunaan Fondasi Semi-Raft Piles dengan Fondasi Raft Piles Pada Bangunan Apartemen 21 Lantai. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(3), 67–76.
- [3] Febriansya, A., Somantri, A. K., Iskandar, Mase, L. Z., & Raafidiani, R. (2022). Experimental Study of an Embankment Over a Soft Soil Layer using Clay-Fly Ash-EPS Mixtures as a Lightweight Fill Material. *International Journal of GEOMATE*, 23(98), 39–46.
- [4] Firuliadhim, G., & Rabiya. (2019). Analisis Daya Dukung Tiang Bor Dengan Alat Pile Driving Analyzer Test Pada Variasi Diameter Tiang. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, 21(2), 70–73. <https://doi.org/10.35313/potensi.v21i2.1339>
- [5] Hendry, Somantri, A. K., Febriansya, A., & Nurhadi, M. D. (2020). Substructure reinforcement study of Cisomang bridge at Purwakarta-Bandung-Cileunyi toll road, West Java Province, Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 732(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/732/1/012027>
- [6] Jusi, U. (2015). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test). *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 1(2).
- [7] Shouman, M., Hendry, Yuswandono, M., & Febriansya, A. (2018). Perancangan Perkuatan Fondasi Tiang Pasca Pelaksanaan Jembatan Kalanggeta, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *9th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 454–462. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/1085/886>
- [8] Somantri, A K, Iskandar, Febriansya, A., Daffa, B. A., & Hermawan, R. I. (2020). The Foundations of Palangpang Bridge in the Area Potential to Liquefaction throughout the Cimandiri Fault. *Advances in Engineering Research*, 198, 388–393. <https://doi.org/10.2991/aer.k.201221.064>
- [9] Somantri, Andri Krisnandi, Syahril, Hendry, Iskandar, & Febriansya, A. (2018). Pengaruh Penambahan Partikulat Expanded Polystyrene pada Tanah yang Distabilisasi dengan Fly Ash terhadap Kadar Air Optimum dan Berat-Isi Kering Maksimum sebagai Material Timbunan Ringan. *9th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 463–471. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/1086/887>
- [10] Syahril, Somantri, A. K., & Febriansya, A. (2019). The Effect of EPS Addition to Soil Stabilized with Fly Ash as Lightweight Fill Materials for Embankment Construction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1364(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1364/1/012077>
- [11] Wijaya, A., & Kawanda, A. (2018). Analisa Penurunan Raft-Piled Foundation Area Bogie Warehouse Proyek Jakarta Lrt Section Depot. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (CESD)*, 1(2).
- [12] Zaid, N., & Yakin, Y. A. (2017). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Fondasi Rakit dan Tiang Rakit pada Timbunan di Atas Tanah Lunak. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 3(2), 92–103.