

**ANALISIS EFISIENSI PENGGUNAAN PONDASI BORED PILE
PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN ASN
UNIVERSITAS ANDALAS**

BENNY VISKE¹, ELFANIA BASTIAN², ASIYA NURHASANAH HABIRUN³

Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

email: ¹bennyv1976@gmail.com , ²elfania.umsb@gmail.com , ³asiya2021ce@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v7i1.4984>

Abstrak: Pembangunan Rumah Susun ASN Universitas Andalas ini telah dibangun di kawasan Universitas Andalas . Bangunan ini diwujudkan oleh Direktorat Jenderal Perumahan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dengan menggunakan konstruksi beton bertulang 3 lantai dengan tinggi bangunan 22,63 m dan kondisi tanah yang keras. Pondasi merupakan elemen struktur yang sangat penting dalam suatu bangunan. Pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban yang bekerja pada bangunan ke tanah yang ada disekitarnya. Pondasi yang digunakan pada pembangunan rumah susun ASN Universitas Andalas ini adalah pondasi bored pile dengan diameter 1 meter. Tujuan penelitian ini untuk menghitung kuat dukung tiang bored pile yang digunakan sebagai pondasi berdasarkan Data Sondir. Dengan menggunakan metode Meyerhoff diperoleh hasil perhitungan daya dukung pondasi untuk titik pondasi A1, A16, D1 dan D16 didapat $Q_{ult} = 251,98$ kN. Sedangkan penghitungan daya dukung dengan menggunakan metode Schmertmann-Nottingham pada titik pondasi A1 didapat $Q_{ult} = 439,01$ kN, pada titik pondasi A16 didapat $Q_{ult} = 320,12$ kN, pada titik pondasi D1 didapat $Q_{ult} = 530,47$ kN dan titik pondasi D16 didapat $Q_{ult} = 288,11$ kN. Perhitungan ini menggunakan data sondir 3. Berdasarkan hasil perhitungan ETABS v9.7.4 $P_u = 389,572$ kN, maka perhitungan daya dukung dengan menggunakan metode Mayerhoff tidak aman digunakan. Sedangkan dengan menggunakan metode Schmertmann-Nottingham, hanya dua titik pondasi yang aman digunakan, yakni pada titik pondasi A1 dan D1.

Kata kunci : Pondasi, Sondir, daya dukung, Bored Pile, Metode Mayerhoff & Schmertmann-Nottingham.

Abstract: The construction of the Andalas University ASN flats has been built in the Andalas University area. This building was realized by the Directorate General of Housing of the Ministry of Public Works dan Public Haousing using 3-storey reinforced concrete construction with a building height of 22.63 m and hard soil conditions. The foundation is a very important structural element in a building. The foundation is defined as an underground structure that transmits the loads originating from the weight of the building itself and the loads acting on the building to the surrounding soil. The foundation used in the construction of ASN Andalas University flats is a bored pile foundation with a diameter of 1 meter. The purpose of this paper is to calculate the bearing strength of bored piled used as the foundation based on sondir data. By using the Meyerhoff method, the result of calculatating the bearing capacity of the foundation at foundation point A1, A16, D1 and D16 obtained $Q_{ult} = 251,98$ kN. While the Calculation of bearing capacity using the Schmertmann-Nottingham method at foundation point A1 obtained $Q_{ult} = 439.01$ kN, at foundation point A16 obtained $Q_{ult} = 320,12$ kN, at foundation point D1 obtained $Q_{ult} = 530.47$ kN and foundation point D16 obtained $Q_{ult} = 288,11$ kN. This calculation uses sondir 3 data. Based on the calculation results of ETABS v9.7.4 $P_u = 389.572$ kN, the calculation of the carrying capacity using the MAyerhoff method is not safe to use. Whereas using the Schmertmann-Nottingham method, only two foundation points are safe to use, namely at the foundation point A1 and D1.

Keywords: Foundation, Sondir, bearing capacity, Bored Pile, Metode Mayerhoff & Schmertmann-Nottingham.

A. Pendahuluan

Universitas Andalas merupakan salah satu Universitas Negeri yang ada di Sumatera Barat. Sejak awal berdirinya hingga sekarang ini, Universitas Andalas total telah memiliki 15 fakultas, dan satu program pascasarjana, dengan rincian 44 program studi sarjana, 41 program studi magister (S2), 13 program studi doktor (S3), 12 program pendidikan dokter spesialis, 5 Profesi dan 4 program studi D3. Universitas Andalas juga memiliki kampus-kampus lain yang tersebar di luar Kota Padang seperti di Payakumbuh dan Dharmasraya dengan jumlah lebih kurang 32 ribu mahasiswa/i yang aktif.

Dengan begitu padatnya jadwal proses belajar mengajar dan juga terjadinya ketidak seimbangan antara kebutuhan tempat tinggal dengan jumlah ASN, baik itu Dosen, maka untuk itu Universitas Andalas melalui Direktorat Jenderal Perumahan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dapat mewujudkan Pembangunan Rumah Susun untuk ASN Universitas Andalas berupa rumah yang menggunakan Desain Prototipe Rumah Susun Tipe 36 - 3 Lantai Kriteria Desain Struktur – D, yang beralamat di Komplek Kampus Unand Jl. Universitas Andalas, Limau Manis, Kec.Pauh, Kota Padang, Prov. Sumatera Barat.

Pembangunan Rusun ASN Universitas Andalas bertujuan untuk memaksimalkan proses belajar mengajar dengan optimalisasi jarak tempuh Tenaga Pendidik (Tendik) serta dosen di Universitas Andalas dimana selama ini mereka tinggal di daerah kota. Dengan kehadiran rusun ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan para ASN Universitas Andalas terkait tempat tinggal dan hunian.

Setiap bangunan wajib memenuhi kriteria-kriteria struktur bangunan yang bisa menjamin kekuatan (*Strenght*) bangunan, keselamatan (*Safety*) bangunan serta penghuni, kenyamanan (*Serviceability*) penghuni, dan umur rencana dari suatu bangunan (*Durability*) tersebut. dimana pada proyek pembangunan rumah susun ASN Universitas Andalas ini terdapat ketidaksesuaian pada pelaksanaan di lapangan yaitu pada pengerjaan pondasi. Berdasarkan hal tersebut di atas, maka untuk itu penulis dapat melakukan analisis terhadap ketidaksesuaian pelaksanaan tersebut dengan judul “Analisis Efisiensi Penggunaan Pondasi *Bored pile* Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun ASN Universitas Andalas”.

B. Metodologi Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada lokasi Proyek Pembangunan Rumah Susun Prototipe Universitas yang beralamt di Jl. Universitas Andalas, Limau Manis, Kec.Pauh, Kota Padang, Prov. Sumatera Barat

C. Hasil dan Pembahasan

Data Perencanaan Analisis

Tabel 1 Data teknis bored pile:

Parameter	Nomor Titik Pondasi			
	A1	D1	A16	D16
Diameter Bored pile (m) :	1	1	1	1
Panjang Bored pile (m) :	4,2	5,2	2,9	2,55
Mutu Beton :	K300	K300	K300	K300

Sumber : Data penelitian, 2023

Tabel 2 Data Rangkuman Hasil Sondir

No	Titik	Posisi Tanah Keras $\geq 200 \text{ kg/cm}^2$	keterangan
1	S1	-1,80 m	pada seluruh titik sondir nilai qc untuk posisi tanah keras sondir 1 yaitu -1,80 meter, nilai qc untuk posisi tanah keras sondir 2 yaitu -2,20 meter, nilai qc untuk posisi tanah keras Sondir 3 yaitu -3,40 meter, nilai qc untuk posisi tanah keras Sondir 4 yaitu -2,60 meter
2	S2	-2,20 m	
3	S3	-3,40 m	
4	S4	2,60 m	

Sumber : Data proyek, 2022

Tabel 3 Data Sondir 1

SOUNDIR S.1

Depth m	Reading Pressure Gauge		Cone Resistante qc	Local Friction fs	Total Local Friction Lf	Total friction Tf	fs/qc
	Y kgf	X kgf	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm	Kg/cm	
1	20	22	20	0.13	2.67	13,33	0.67
1,80	200	205	200	0.33	6.67	32	0.17

Sumber : Data Proyek, 2022

Tabel 4 Data Sondir 2

SOUNDIR S.2

Depth m	Reading Pressure Gauge		Cone Resistante qc	Local Friction fs	Total Local Friction Lf	Total friction Tf	fs/qc
	Y kgf	X kgf	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm	Kg/cm	
1	50	55	50	0.33	6.67	17,33	0.67
2	80	85	80	0.33	6.67	50,67	0.42
2,20	200	205	200	0.33	6.67	57,33	0.17

Sumber : Data Proyek, 2022

Tabel 5 Data Sondir 3

SOUNDIR S.3

Depth m	Reading Pressure Gauge		Cone Resistante qc	Local Friction fs	Total Local Friction Lf	Total friction Tf	fs/qc
	Y kgf	X kgf	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm	Kg/cm	
1	80	85	80	0,33	6.67	21,33	0.42
2	46	48	46	0,13	2.67	46,67	0.29
3	140	145	140	0,33	6.67	68	0.24
3,4	200	205	200	0,33	6.67	81,33	0.17

Sumber : Data Proyek, 2022

$$= 0,785 \text{ m}^2 \times 35,778 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 28,086 \text{ kg}$$

c. Tahanan gesek

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$A_s = \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 1 \text{ m}$$

$$= 3,14 \times 1 \times 1 \text{ m}$$

$$= 3,14 \text{ m}^2$$

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$= 3,14 \text{ m}^2 \times 0,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,4028 \text{ kg/m} = 40,006 \text{ kN}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= 28,086 \text{ kg} + 0,4082 \text{ kg/m}$$

$$= 28,494 \text{ kg/m}$$

e. Kapasitas daya dukung bore pile (Q_{ult})

$$Q_{ult} = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K_{II})$$

$$= (20 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2) + (13,33 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm})$$

$$= 4201,3 \text{ kg}$$

f. Kapasitas daya dukung ijin pondasi (Q_a)

$$Q_a = \frac{(q_c \times A_p)}{3} + \frac{(JHL \times K_{II})}{5}$$

$$= \frac{(20 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ cm}^2)}{3} + \frac{(13,33 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm})}{5}$$

$$= \frac{(15,700)}{3} + \frac{(4185,62)}{5}$$

$$= 842,4 \text{ kg}$$

g. Daya dukung terhadap kekuatan tanah tiang tarik

$$T_{ult} = JHL \times K_{II}$$

$$= 13,33 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm}^2$$

$$= 4185,6200 \text{ kg} = 41,05 \text{ kN}$$

h. Daya dukung ijin tarik

$$Q_{ijin} = \frac{T_{ult}}{3} = \frac{41,05}{3} = 13,68 \text{ kN}$$

Tabel 7 Hasil Perhitungan Daya Dukung Sondir - 1

Diameter Bored pile	D	=	1	m	
Luas bored pile	AP	=	7,85	m	
Keliling bored pile	K _{II}	=	3,14	m	
Tahanan ujung persatuan luas	fb	=	35,78	kg/cm ²	
Dept	qc	fs	JHL	Qs	Qult
	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm	kN	kN
1	20	0,13	13,33	40,01	41,20
1,8	200	0,33	32	182,80	100,08
Kapasitas daya dukung pondasi bored pile pada Sondir 1					
100,08 kN					

Sumber : Analisis data, 2023

Sondir 2 kedalaman 2 m

Diketahui :

Diameter bored pile = 1 m

$$\begin{aligned}
 f_s &= 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{JHL} &= 21,33 \text{ kg/cm} \\
 \text{Luas bored pile (A}_p) &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times 50^2 \text{ cm}^2 \\
 &= 7850 \text{ cm}^2 = 0,785 \text{ m} \\
 \text{Keliling bored pile (K}_{II}) &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\
 &= 314 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b)

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

Keterangan :

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

$$\begin{aligned}
 q_{ca} &= \frac{(8+20+36+40+50+50+60+50+70+80+200)}{11} \\
 &= 60,364 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

qc rata-rata (kg/cm^2) pada zona 1d di bawah ujung tiang dan 4d di atasnya

$$\omega_1 = \frac{(d+0,5)^n}{2d}, \text{ apabila } d > 0,5 \text{ m } \omega_1 = 1$$

$$\omega_2 = \frac{L}{10d}, \text{ koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam}$$

lapisan pasir padat saat $L < 10d$. jika $L > 10d$, maka $\omega_2 = 1$

Maka :

$$\begin{aligned}
 f_b &= \omega_1 \times \omega_2 \times q_{ca} \\
 &= 1 \times 1 \times 60,364 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 60,364 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk tiang diambil nilai f_b sebesar 70%

$$\begin{aligned}
 f_b &= 70\% \times 60,364 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 42,255 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

b. Tahanan ujung

$$\begin{aligned}
 Q_b &= A_b \times f_b \\
 &= \pi (r)^2 \text{ cm}^2 \times f_b \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 42,255 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,785 \text{ m}^2 \times 42,255 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 33,170 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Tahanan gesek

$$\begin{aligned}
 Q_s &= A_s \times f_s \\
 A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 2 \text{ m} \\
 &= 3,14 \times 1 \times 2 \text{ m} \\
 &= 6,28 \text{ m}^2 \\
 Q_s &= A_s \times f_s \\
 &= 6,28 \text{ m}^2 \times 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 2,0724 \text{ kg/cm} = 203,11 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_b + Q_s \\
 &= 3316,98 \text{ m}^2 + 2,072 \text{ kg/cm} \\
 &= 35,242 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

e. Kapasitas daya dukung bore pile (Q_{ult})

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= (q_c \cdot A_p) + (\text{JHL} \cdot K_{II}) \\
 &= (80 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2) + (50,67 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm}) \\
 &= 15973,18 \text{ kg/m}^2 = 156,643 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$= 0,785 \text{ m}^2 \times 48,959 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3843,26 \text{ kg/cm}$$

c. Tahanan gesek

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$A_s = \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 3 \text{ m}$$

$$= 3,14 \times 1 \times 3 \text{ m}$$

$$= 9,42 \text{ m}^2$$

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$= 9,42 \text{ m}^2 \times 0,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3,109 \text{ kg/m} = 304,67 \text{ kN}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= 3843,27 \text{ kg/cm} + 3,109 \text{ kg}$$

$$= 41,541 \text{ kg}$$

e. Kapasitas daya dukung bore pile (Q_{ult})

$$Q_{ult} = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K_{II})$$

$$= (140 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2) + (68 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm})$$

$$= 21461,9 \text{ kg} / \text{cm} = 210,47 \text{ kN}$$

f. Kapasitas daya dukung ijin pondasi (Q_a)

$$Q_a = \frac{(q_c \times A_p)}{3} + \frac{(JHL \times K_{II})}{5}$$

$$= \frac{(140 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ cm}^2)}{3} + \frac{(68 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm})}{5}$$

$$= \frac{(1099000)}{3} + \frac{(21352)}{5}$$

$$= 4307,03 \text{ kg}$$

g. Daya dukung terhadap kekuatan tanah tiang tarik

$$T_{ult} = JHL \times K_{II}$$

$$= 68 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm}^2$$

$$= 21352 \text{ kg} / \text{cm} = 209,39 \text{ kN}$$

h. Daya dukung ijin tarik

$$Q_{ijin} = \frac{T_{ult}}{3} = \frac{209,39}{3} = 69,80 \text{ kN}$$

Sondir 4 kedalaman 2,6 m

Diketahui :

Diameter bored pile = 1 m

$f_s = 0,33 \text{ kg/cm}^2$

JHL = 62,67 kg/cm

Luas bored pile (A_p) = $\pi \times r^2$

$$= 3,14 \times 50 \text{ cm}^2$$

$$= 7850 \text{ cm}^2 = 0,785 \text{ m}^2$$

Keliling bored pile (K_{II}) = $\pi \times D$

$$= 3,14 \times 100 \text{ cm}$$

$$= 314 \text{ cm}$$

a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b)

$$f_b = \alpha \times \alpha \times \alpha \times q_{ca}$$

Keterangan :

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

$$q_{ca} = \frac{(14+34+40+50+50+46+40+44+60+70+120+180+200)}{13}$$

$$= 72,923 \text{ kg/cm}^2$$

qc rata-rata (kg/cm²) pada zona 1d di bawah ujung tiang dan 4d di atasnya

$$\square_{\square} = \square \frac{(d+0,5)^n}{2d}, \text{ apabila } d > 0,5 \text{ m } \square_1 = 1$$

$$\square_{\square} = \frac{L}{10d}, \text{ koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan pasir padat saat } L < 10d. \text{ jika } L > 10d, \text{ maka } \square_2 = 1$$

Maka :

$$\begin{aligned} f_b &= \square_{\square} \square_{\square} \square_{\square} \square_{\square} \square_{\square} q_{ca} \\ &= 1 \times 1 \times 72,923 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 72,923 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk tiang diambil nilai fb sebesar 70%

$$\begin{aligned} f_b &= 70\% \times 72,923 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 51,046 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

b. Tahanan ujung

$$\begin{aligned} Q_b &= A_b \times f_b \\ &= \pi (d)^2 \text{ cm}^2 \times f_b \text{ kg/cm}^2 \\ &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 51,046 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,7850 \text{ cm}^2 \times 51,046 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 40,071 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Tahanan gesek

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \times f_s \\ A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 2,6 \text{ m} \\ &= 3,14 \times 1 \times 2,6 \text{ m} \\ &= 8,16 \text{ m}^2 \\ Q_s &= A_s \times f_s \\ &= 8,16 \text{ m}^2 \times 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,1870 \text{ kg/m} = 18,34 \text{ ton} \end{aligned}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s \\ &= 40,712 \text{ kg} + 0,1870 \text{ kg} \\ &= 40,258 \end{aligned}$$

e. Kapasitas daya dukung bore pile (Q_{ult})

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K_{II}) \\ &= (200 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2) + (54,67 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm}) \\ &= 17323 \text{ kg/cm} = 169,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

f. Kapasitas daya dukung ijin pondasi (Q_a)

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{(q_c \times A_p)}{3} + \frac{(JHL \times K_{II})}{5} \\ &= \frac{(200 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2)}{3} + \frac{(54,67 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm})}{5} \\ &= \frac{(1570000)}{3} + \frac{(17166,4)}{5} \\ &= 3485,60 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. Daya dukung terhadap kekuatan tanah tiang tarik

$$\begin{aligned} T_{ult} &= JHL \times K_{II} \\ &= 54,67 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm}^2 \\ &= 17166,38 \text{ kg/cm} = 168,34 \text{ kN} \end{aligned}$$

h. Daya dukung ijin tarik

$$Q_{ijin} = \frac{T_{ult}}{3} = \frac{168,34}{3} = 56,11 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung bored pile dengan metode Schmertmann – Nottingham pada;

D.1 Sondir 1 kedalaman 1 m

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Diameter bored pile} &= 1 \text{ m} \\ q_f &= 0,13 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Luas bored pile (A}_b\text{)} &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 50^2 \text{ cm}^2 \\ &= 7850 \text{ cm}^2 = 0,785 \text{ m} \\ \text{Luas selimut tiang (A}_s\text{)} &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\ &= 314 \text{ cm} = 3,14 \text{ m} \end{aligned}$$

a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b) kg/cm^2

$$q_{ca} = \frac{(4+10+40+40+20+36+40+70+200)}{9}$$

$$= 51,11 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} Q_U &= A_b \cdot \omega \cdot q_{ca} + A_s \cdot K_f \cdot q_f \\ &= 78,5 \text{ m} \cdot 1 \cdot 51,11 \text{ kg/cm}^2 + 3,14 \text{ m} \cdot 0,9 \cdot 0,13 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4012,59 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_b &= \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15000 kN/m}^2\text{)} \\ &= 1 \cdot 51,11 \text{ kg/cm}^2 = 5012,26 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Tahanan ujung

$$\begin{aligned} Q_b &= A_b \times f_b \\ &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 51,11 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,7850 \text{ m}^2 \times 51,11 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4012,22 \text{ kg} = 0,397 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Tahanan gesek

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \times f_s \\ A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 1 \text{ m} \\ &= 3,14 \times 1 \times 1 \text{ m} \\ &= 3,14 \text{ m}^2 \\ f_s &= k_f \cdot q_f \\ k_f &= 0,9 \\ f_s &= 0,13 \\ &= 0,9 \cdot 0,13 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,1170 \text{ kg/cm}^2 = 11,474 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s \cdot f_s \\ &= 3,14 \text{ m}^2 \times 0,1170 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,367 \text{ kg/cm}^2 = 36,027 \text{ kN} \end{aligned}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s \\ &= 4012,22 \text{ kg/cm}^2 + 36,027 \text{ kN} \\ &= 76,150 = 0,747 \text{ kN} \end{aligned}$$

D.2 Sondir 2 kedalaman 2 m

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Diameter bored pile} &= 1 \text{ m} \\ q_f &= 0,33 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bored pile } (A_b) &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 50^2 \text{ cm}^2 \\ &= 7850 \text{ cm}^2 = 0,785 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas selimut tiang } (A_s) &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\ &= 314 \text{ cm} = 3,14 \text{ m} \end{aligned}$$

a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b) kg/cm^2

$$q_{ca} = \frac{(8+20+36+40+50+50+60+50+70+80+200)}{11}$$

$$= 60,36 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} Q_U &= A_b \cdot \omega \cdot q_{ca} + A_s \cdot K_f \cdot q_f \\ &= 0,785 \text{ m} \cdot 1 \cdot 60,36 \text{ kg/cm}^2 + 3,14 \text{ m} \cdot 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4739,48 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_b &= \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 (15000 \text{ kN/m}^2) \\ &= 1 \cdot 60,36 \text{ kg/cm}^2 = 5919,62 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Tahanan ujung

$$\begin{aligned} Q_b &= A_b \times f_b \\ &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 60,36 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,785 \text{ m}^2 \times 60,36 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 47,385 \text{ kg/cm}^2 = 0,465 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Tahanan gesek

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 2 \text{ m} \\ &= 3,14 \times 1 \times 2 \text{ m} \\ &= 6,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = k_f \cdot q_f$$

$$k_f = 0,9$$

$$f_s = 0,33$$

$$= 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,2970 \text{ kg/cm}^2 = 29,126 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 6,28 \text{ m}^2 \times 0,2970 \text{ kN/m}^2$$

$$= 1,865 = 182,90 \text{ kN}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= 47,385 \text{ kg/cm}^2 + 182,90 \text{ kN}$$

$$= 230,29 = 2,258 \text{ kN}$$

D.3. Untuk kedalaman 3 m

Diketahui :

$$\text{Diameter bored pile} = 1 \text{ m}$$

$$q_f = 0,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bored pile } (A_b) &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 50^2 \text{ cm}^2 \\ &= 7850 \text{ cm}^2 = 0,785 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas selimut tiang } (A_s) &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\ &= 314 \text{ cm} = 3,14 \text{ m} \end{aligned}$$

a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b) kg/cm^2

$$Q_{ca} = \frac{(8+30+40+65+80+60+50+50+46+46+32+30+32+100+140+180+200)}{17}$$

17

$$\begin{aligned}
 &= 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\
 Q_U &= A_b \cdot \omega \cdot q_{ca} + A_s \cdot K_f \cdot q_f \\
 &= 0,785 \text{ m} \cdot 1 \cdot 69,941 \text{ kg/cm}^2 + 3,14 \text{ m} \cdot 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 55,836 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_b &= \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15000 kN/m}^2\text{)} \\
 &= 1 \cdot 69,941 \text{ kg/cm}^2 = 6858,85 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Tahanan ujung

$$\begin{aligned}
 Q_b &= A_b \times f_b \\
 &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,785 \text{ m}^2 \times 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 54,90 \text{ kg} = 0,538 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Tahanan gesek

$$\begin{aligned}
 Q_s &= A_s \times f_s \\
 A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 3 \text{ m} \\
 &= 3,14 \times 1 \times 3 \text{ m} \\
 &= 9,42 \text{ m}^2 \\
 f_s &= k_f \cdot q_f \\
 k_f &= 0,9 \\
 f_s &= 0,33 \\
 &= 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,2970 \text{ kg/cm}^2 = 29,13 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 9,42 \text{ m}^2 \times 0,2970 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 274,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_b + Q_s \\
 &= 5490,38 \text{ kg/cm}^2 + 274,36 \text{ kN} \\
 &= 329,27 = 32,29 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

D.4 Untuk kedalaman 2,6 m

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter bored pile} &= 1 \text{ m} \\
 q_f &= 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Luas bored pile (} A_b \text{)} &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times 100 \text{ cm}^2 \\
 &= 7850 \text{ cm}^2 = 0,785 \text{ m} \\
 \text{Luas selimut tiang (} A_s \text{)} &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\
 &= 314 \text{ cm} = 3,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b) kg/cm^2

$$\begin{aligned}
 q_{ca} &= \frac{(14+34+40+50+50+46+40+44+60+70+120+180+200)}{13} \\
 &= 72,923 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_U &= A_b \cdot \omega \cdot q_{ca} + A_s \cdot K_f \cdot q_f \\
 &= 0,785 \text{ m} \cdot 1 \cdot 72,923 \text{ kg/cm}^2 + 3,14 \text{ m} \cdot 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 58,18 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15000 kN/m}^2\text{)} \\
 &= 1 \cdot 72,923 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 7151,27 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Tahanan ujung

$$Q_b = A_b \times f_b$$

$$\begin{aligned}
 &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 72,923 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,785 \text{ cm}^2 \times 72,923 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 57,24 \text{ kg} \qquad = 0,564 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

c. Tahanan gesek

$$\begin{aligned}
 Q_s &= A_s \times f_s \\
 A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 2,6 \text{ m} \\
 &= 3,14 \times 1 \times 26 \text{ m} \\
 &= 8,16 \text{ m}^2 \\
 f_s &= k_f \cdot q_f, \\
 k_f &= 0,9 \\
 f_s &= 0,33 \\
 &= 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,2970 \text{ kg/cm}^2 = 29,13 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 8,16 \text{ m}^2 \times 0,2970 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 2,425 = 237,78 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_b + Q_s \\
 &= 57,24 \text{ kg/cm}^2 + 237,78 \text{ kN} \\
 &= 295,03 \qquad = 28,93 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Analisis Daya Dukung Bored Pile

E.1 Metode Mayerhoff

1. Sondir 3 Titik pondasi A1 - 4,2 m

Diketahui (asumsi) :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter bored pile} &= 1 \text{ m} \\
 f_s &= 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{JHL} &= 81,33 \text{ kg/cm} \\
 \text{Qc} &= 200 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Luas bored pile } (A_p) &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times 50^2 \text{ cm}^2 \\
 &= 7850 \text{ cm}^2 = 0,785 \text{ m}^2 \\
 \text{Keliling bored pile } (K_{II}) &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\
 &= 314 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b)

$$f_b = \square_1 \square_2 \times \square_3 \square_4 \times q_{ca}$$

Keterangan :

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

$$\begin{aligned}
 q_{ca} &= \frac{(8+30+40+65+80+60+50+50+46+46+32+30+32+100+140+180+200)}{17} \\
 &= 69,941 \text{ kg/cm}^2 = 6858,85 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

q_c rata-rata (kg/cm^2) pada zona 1d di bawah ujung tiang dan 4d di atasnya

$$\square_1 = \square_2 = \frac{(d+0,5)^n}{2d}, \text{ apabila } d > 0,5 \text{ m } \square_1 = 1$$

$\square_2 = \frac{L}{10d}$, koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan pasir padat saat $L < 10d$. jika $L > 10d$, maka $\square_2 = 1$

Maka :

$$\begin{aligned}
 f_b &= \square_1 \square_2 \times \square_3 \square_4 \times q_{ca} \\
 &= 1 \times 1 \times 6858,86 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 6858,85 \text{ kN/cm}^2$$

Untuk tiang diambil nilai f_b sebesar 70%

$$f_b = 70\% \times 69,941 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 4801,196 \text{ kg/cm}^2$$

b. Tahanan ujung

$$Q_b = A_b \times f_b$$

$$= \pi (r)^2 \text{ cm}^2 \times f_b \text{ kg/cm}^2$$

$$= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 48,959 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,785 \text{ cm}^2 \times 48,959 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3843,27 \text{ kg}$$

c. Tahanan gesek

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$A_s = \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 4,2 \text{ m}$$

$$= 3,14 \times 1 \times 4,2 \text{ m}$$

$$= 13,188 \text{ m}^2$$

$$f_s = 0,33 \text{ kg/m}^2$$

$$= 32,36 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$= 13,188 \text{ m}^2 \times 0,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 4,352 \text{ kg/m} = 426,53 \text{ kN}$$

d. Kuat dukung ultimet tiang

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= 3843,268 \text{ kg} + 4,352 \text{ kg/m}$$

$$= 3847,62 \text{ kg/m} = 37,73 \text{ kN}$$

e. Kapasitas daya dukung bore pile (Q_{ult})

$$Q_{ult} = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K_{II})$$

$$= (200 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2) + (81,33 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm})$$

$$= 41237,62 \text{ kg} = 404,40 \text{ kN}$$

f. Kapasitas daya dukung ijin pondasi (Q_a)

$$Q_a = \frac{(q_c \times A_p)}{3} + \frac{(JHL \times K_{II})}{5}$$

$$= \frac{(200 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2)}{3} + \frac{(81,33 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm})}{5}$$

$$= \frac{(1570000)}{3} + \frac{(25537,62)}{5}$$

$$= 10340,86 \text{ kg}$$

g. Daya dukung terhadap kekuatan tanah tiang tarik

$$T_{ult} = JHL \times K_{II}$$

$$= 81,33 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm}^2$$

$$= 25537,62 \text{ kg} = 250,44 \text{ kN}$$

h. Daya dukung ijin tarik

$$Q_{ijin} = \frac{T_{ult}}{3} = \frac{250,44}{3} = 83,48 \text{ kN}$$

2. Sondir 3 Titik pondasi D16 - 5,2 m

Diketahui :

Diameter bored pile	= 1 m
f_s	= 0,33 kg/cm ²
JHL	= 68 kg/cm

$$\begin{aligned}\text{Luas bored pile } (A_p) &= \pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times 50^2 \text{ cm}^2 \\ &= 7850 \text{ cm}^2 = 0,785 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Keliling bored pile } (K_{II}) &= \pi \times D \\ &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\ &= 314 \text{ cm}\end{aligned}$$

- a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b)

$$f_b = \square_1 \times \square_2 \times q_{ca}$$

Keterangan :

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

$$q_{ca} = \frac{(8+30+40+65+80+60+50+50+46+46+32+30+32+100+140+180+200)}{17}$$

$$= 69,941 \text{ kg/cm}^2$$

q_c rata-rata (kg/cm^2) pada zona 1d di bawah ujung tiang dan 4d di atasnya

$$\square_1 \square_2 = \frac{(d+0,5)^n}{2d}, \text{ apabila } d > 0,5 \text{ m } \square_1 = 1$$

$\square_1 \square_2 = \frac{L}{10d}$, koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan pasir
adat saat $L < 10d$. jika $L > 10d$, maka $\square_2 = 1$

Maka :

$$\begin{aligned}f_b &= \square_1 \square_2 \times q_{ca} \\ &= 1 \times 1 \times 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 69,941 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Untuk tiang diambil nilai f_b sebesar 70%

$$\begin{aligned}f_b &= 70\% \times 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 48,959 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- b. Tahanan ujung

$$\begin{aligned}Q_b &= A_b \times f_b \\ &= \pi (r)^2 \text{ cm}^2 \times f_b \text{ kg/cm}^2 \\ &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 48,959 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,785 \text{ m}^2 \times 48,959 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3843,268 \text{ kg} = 38,43 \text{ kN}\end{aligned}$$

- c. Tahanan gesek

$$\begin{aligned}Q_s &= A_s \times f_s \\ A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 5,2 \text{ m} \\ &= 3,14 \times 1 \times 5,2 \text{ m} \\ &= 16,33 \text{ m}^2 \\ Q_s &= A_s \times f_s \\ &= 16,33 \text{ m}^2 \times 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 5,388 \text{ kg/m} = 528,07 \text{ kN}\end{aligned}$$

- d. Kuat dukung ultimet tiang

$$\begin{aligned}Q_u &= Q_b + Q_s \\ &= 3843,27 \text{ kg/cm}^2 + 5,388 \text{ kg/m} \\ &= 3848,656 \text{ kg/cm} = 37,74 \text{ kN}\end{aligned}$$

- e. Kapasitas daya dukung bore pile (Q_{ult})

$$\begin{aligned}Q_{ult} &= (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K_{II}) \\ &= (200 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2) + (81,33 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm}) \\ &= 41237,62 \text{ kg} = 404,40 \text{ kN}\end{aligned}$$

- f. Kapasitas daya dukung ijin pondasi (Q_a)

$$\begin{aligned}
 Q_a &= \frac{(q_c \times A_p)}{3} + \frac{(JHL \times K_{II})}{5} \\
 &= \frac{(200 \text{ kg/cm}^2 \times 0,785 \text{ m}^2)}{3} + \frac{(81,33 \text{ kg/cm}^2 \times 314 \text{ cm})}{5} \\
 &= \frac{(1570000)}{3} + \frac{(25537,62)}{5} \\
 &= 10340,86 \text{ kg} \quad = 101,40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

g. Daya dukung terhadap kekuatan tanah tiang tarik

$$\begin{aligned}
 T_{ult} &= JHL \times K_{II} \\
 &= 81,33 \text{ kg/cm} \times 314 \text{ cm}^2 \\
 &= 25537,62 \text{ kg} \quad = 250,44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

h. Daya dukung ijin tarik

$$Q_{ijin} = \frac{T_{ult}}{3} = \frac{250,44}{3} = 83,48 \text{ kN}$$

Metode Schmertmann – Nottingham

1. Sondir 3 kedalaman 2,9 m

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter bored pile} &= 1 \text{ m} \\
 q_f &= 0,13 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Luas bored pile } (A_b) &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times 50^2 \text{ cm}^2 \\
 &= 7850 \text{ cm}^2 \quad = 0,785 \text{ m} \\
 \text{Luas selimut tiang } (A_s) &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\
 &= 314 \text{ cm} \quad = 3,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

a. Tahanan ujung persatuan luas (f_b) kg/cm^2

$$\begin{aligned}
 q_{ca} &= \frac{(8+30+40+65+80+60+50+50+46+46+32+30+32+100+140+180+200)}{17} \\
 &= 69,941 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_U &= A_b \cdot \omega \cdot q_{ca} + A_s \cdot K_f \cdot q_f \\
 &= 0,785 \text{ m} \cdot 1 \cdot 69,941 \text{ kg/cm}^2 + 3,14 \text{ m} \cdot 0,9 \cdot 0,13 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 58,821 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_b &= \omega \cdot q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \quad (15000 \text{ kN/m}^2) \\
 &= 1 \cdot 69,941 \text{ kg/cm}^2 \quad = 6858,85 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Tahanan ujung

$$\begin{aligned}
 Q_b &= A_b \times f_b \\
 &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,785 \text{ m}^2 \times 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 54,90 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

c. Tahanan gesek

$$\begin{aligned}
 Q_s &= A_s \times f_s \\
 A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 2,9 \text{ m} \\
 &= 3,14 \times 1 \times 2,9 \text{ m} \\
 &= 9,10 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$f_s = k_f \cdot q_f,$$

$$k_f = 0,9$$

$$f_s = 0,13$$

$$= 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,2970 \text{ kg/cm}^2 \quad = 29,13 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 9,10 \text{ m}^2 \times 0,2970 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 2,70 \quad = 265,22 \text{ kN} \\
 \text{d. Kuat dukung ultimet tiang} \\
 Q_u &= Q_b + Q_s \\
 &= 54,90 \text{ kg/cm} + 265,22 \text{ kN} \\
 &= 320,12 \quad = 31,39 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Sondir 3 kedalaman 2,55 m

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter bored pile} &= 1 \text{ m} \\
 q_f &= 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Luas bored pile } (A_b) &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times 50^2 \text{ cm}^2 \\
 &= 7850 \text{ cm}^2 \quad = 0,785 \text{ m}^2 \\
 \text{Luas selimut tiang } (A_s) &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 100 \text{ cm} \\
 &= 314 \text{ cm} \quad = 3,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{a. Tahanan ujung persatuan luas } (f_b) \text{ kg/cm}^2 \\
 q_{ca} &= \frac{(8+30+40+65+80+60+50+50+46+46+32+30+32+100+140+180+200)}{17} \\
 &= 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\
 Q_U &= A_b \cdot \omega \cdot q_{ca} + A_s \cdot K_f \cdot q_f \\
 &= 0,785 \text{ m} \cdot 1 \cdot 69,941 \text{ kg/cm}^2 + 3,14 \text{ m} \cdot 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 55,84 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_b &= \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15000 kN/m}^2) \\
 &= 1 \cdot 69,941 \text{ kg/cm}^2 = 6858,85 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{b. Tahanan ujung} \\
 Q_b &= A_b \times f_b \\
 &= \pi (50)^2 \text{ cm}^2 \times 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,785 \text{ m}^2 \times 69,941 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 54,90 \text{ kg/cm} \\
 \text{c. Tahanan gesek} \\
 Q_s &= A_s \times f_s \\
 A_s &= \pi \times d \times L, \text{ dimana } L = 2,55 \text{ m} \\
 &= 3,14 \times 1 \times 2,55 \text{ m} \\
 &= 8,007 \text{ m}^2 \\
 f_s &= k_f \cdot q_f \\
 k_f &= 0,9 \\
 f_s &= 0,33 \\
 &= 0,9 \cdot 0,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,2970 \text{ kg/cm}^2 = 29,13 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 8,007 \text{ m}^2 \times 0,2970 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 2,378 \quad = 233,20 \text{ kN} \\
 \text{d. Kuat dukung ultimet tiang} \\
 Q_u &= Q_b + Q_s \\
 &= 54,90 \text{ kg/cm} + 233,20 \text{ kN} \\
 &= 288,11 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Penurunan Pondasi

1. Titik Pondasi A1 kedalaman 4,2 m
dimana,

$$\begin{aligned}\alpha &= 0,5 \\ \mu &= 0,05 \\ D &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \\ A_p &= 0,785 \text{ m}^2 \\ E_s &= 1000 \\ E_p &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ f_c' &= 30,08 \\ &= 24,90 \\ &= 4700 \sqrt{24,90} \\ &= 2345295,29 \text{ T/m}^2 \\ E_p &= 2345295,29 \text{ T/m}^2 \\ P &= 3,14 \times L \\ &= 3,14 \times 4,2 \text{ m} \\ &= 13,188 \text{ m} \\ Q_s &= 426,53 \text{ (Data sondir)} \\ Q_p &= 38,433 \text{ (Data sondir)} \\ Q_p &= 42,785 \text{ (Data sondir)}\end{aligned}$$

1. Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal – Ss

$$\begin{aligned}S_s &= \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\ &= \frac{(38,433 + 0,5 \cdot 426,53) \cdot 4,2}{0,785 \cdot 2345295,29} \\ &= 0,0379 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Penurunan akibat beban pada ujung tiang – Sp

$$\begin{aligned}S_p &= \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p} = \frac{0,05 \cdot 38,433}{1 \cdot 42,785} \\ &= 0,0449 \text{ m}\end{aligned}$$

3. Faktor pengaruh – Iws

$$\begin{aligned}I_{ws} &= 2 + 0,35 \sqrt{L/D} \\ &= 2 + 0,35 \sqrt{4,2 / 1} \\ &= 4,7\end{aligned}$$

4. Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang – Sps

$$\begin{aligned}S_{ps} &= \frac{Q_p}{P} \frac{D}{L} \frac{1}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\ &= \frac{38,433}{13,188 \cdot 4,2} \frac{1}{1000} (1 - 0,0025) \cdot 4,7 \\ &= 0,0033 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Penuruna total pondasi tiang – S

$$\begin{aligned}S &= S_s + S_p + S_{ps} \\ &= 0,0379 \text{ m} + 0,0449 \text{ m} + 0,0033 \text{ m} \\ &= 0,0860\end{aligned}$$

6. Penurunan Ijin

$$\begin{aligned}S_{ijin} &= 1 \times 10\% \\ &= 1 \times 0,1 \\ &= 0,10 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Titik Pondasi D1 kedalaman 5,2 m
dimana,

$$\begin{aligned}\alpha &= 0,5 \\ \mu &= 0,05 \\ D &= 100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \\ A_p &= 0,785 \text{ m}^2 \\ E_s &= 1000 \\ E_p &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ F_c' &= 300,008 \\ &= 24,90\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= 4700 \sqrt{24,90} \\ &= 2345295,29 \text{ T/m}^2\end{aligned}$$

$$E_p = 2345295,29 \text{ T/m}^2$$

$$\begin{aligned}P &= 3,14 \times L \\ &= 3,14 \times 5,2 \text{ m} \\ &= 16,328 \text{ m}\end{aligned}$$

$$Q_S = 294,51 \text{ (Data sondir)}$$

$$Q_P = 38,433 \text{ (Data sondir)}$$

$$Q_p = 43,821 \text{ (Data sondir)}$$

1. Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal – Ss

$$\begin{aligned}S_s &= \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\ &= \frac{(38,433 + 0,5 \cdot 528,08) \cdot 5,2}{0,785 \cdot 2345295,29} \\ &= 0,0581 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Penurunan akibat beban pada ujung tiang – Sp

$$\begin{aligned}S_p &= \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p} \\ &= \frac{0,05 \cdot 38,433}{1 \cdot 43,821} \\ &= 0,0439 \text{ m}\end{aligned}$$

3. Faktor pengaruh – Iws

$$\begin{aligned}I_{ws} &= 2 + 0,35 \sqrt{L/D} \\ &= 2 + 0,35 \sqrt{4,2 / 1} \\ &= 4,7\end{aligned}$$

4. Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang – Sps

$$\begin{aligned}S_{ps} &= \frac{Q_p \cdot D}{P \cdot L \cdot E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\ &= \frac{38,433}{16,328 \cdot 5,2 \cdot 1000} (1 - 0,0025) \cdot 4,7 \\ &= 0,0021 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Penurunan total pondasi tiang – S

$$\begin{aligned}S &= S_s + S_p + S_{ps} \\ &= 0,0581 \text{ m} + 0,0439 \text{ m} + 0,0021 \text{ m} \\ &= 0,10 \text{ m}\end{aligned}$$

6. Penurunan Ijin

$$\begin{aligned}S_{ijin} &= 1 \times 10\% \\ &= 1 \times 0,1 \\ &= 0,10 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan Penulangan Pile Cap

Dimana :

$$\begin{aligned}P_u &= \text{Beban Hidup} + \text{Beban Mati} \\ &= (154,99 \times 1,6) + (117,99 \times 1,2) \\ &= 247,984 + 141,588\end{aligned}$$

$$= 389,572 \text{ ton}$$

Dimensi pile cap (A)

$$= 1600 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm}$$

$$= 1920000 \text{ mm}^2 = 19200 \text{ cm}^2$$

Tinggi *pile cap* = 850 mm = 85 cm

Jarak tiang ke pinggir pile cap = 30 cm = 0,3 m

Asumsi, diameter tulangan \varnothing 16 mm

ts (selimut beton) = 7,5 cm

1. Momen arah X dan Y

$$\begin{aligned} M_{tx} &= M_{ty} = P_{\text{tiang}} \times \text{jarak tiang ke tepi} \\ &= 389,572 \text{ t} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 116,872 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{116,872}{1,92} = 60,871 \text{ t}$$

2. Tulangan melintang

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{1}{2} \times \sigma_u \left(\frac{1}{2} \times 16\right)^2 \\ &= 0,5 \times 60,871 (0,5 \times 16)^2 \\ &= 1947,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

3. Penulangan

$$\begin{aligned} d &= h - (ts + 0,5 \text{ diameter tulangan}) \\ &= 850 \text{ mm} - (0,75 + 0,5 \times 16) \\ &= 841 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Luas tulangan (A_s)

$$\begin{aligned} &= p \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 1600 \times 841 \\ &= 4709,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 150 (A_s 4709,6 mm²)

D. Penutup

Simpulan

Dari analisis terhadap daya dukung bored pile pada pembangunan rumah susun ASN Universitas Andalas, sebagai berikut :

1. Perhitungan daya dukung bored pile dengan metode Mayerhoff berdasarkan hasil sondir
Tabel: Rekapitulasi hasil perhitungan data sondir 1 – 4 dengan metode *Mayerhoff*

Titik	Dept	qc	fs	JHL	Qs	Qu
		kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm	kN	kN
Sondir 1	1,8	200	0,33	32,0	182,8	100,1
Sondir 2	2,2	200	0,33	57,33	223,42	178,08
Sondir 3	3,4	200	0,33	81,33	345,28	251,98
Sondir 4	2,6	200	0,33	54,67	18,34	169,88

Sumber : Analisis Data, 2023

2. Perhitungan daya dukung bored pile dengan metode *Schmertmann – Nottingham* berdasarkan hasil sondir

Tabel :Rekapitulasi hasil perhitungan data sondir 1 - 4 dengan metode *Schmertmann – Nottingham*

Titik	Dept	qc	qf	JHL	Qs	Qu
		kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm	kN	kN
Sondir 1	1,8	0,33	0,33	32	164,62	2,01
Sondir 2	2,2	200	0,33	57,33	201,20	2,44
Sondir 3	3,4	200	0,33	81,33	310,94	365,85
Sondir 4	2,6	200	0,33	54,67	237,78	28,93

Sumber : Data analisis, 2023

Tabel: Rekapitulasi hasil perhitungan data sondir dengan Metode *Mayerhoff* berdasarkan titik pondasi

Titik	Dept	qc kg/cm ²	JHL kg/cm ²	Qs kg/cm	Qult kN
A1	4,2	200	81,33	426,53	251,98
A16	2,9	200	81,33	294,51	251,98
D1	5,2	200	81,33	528,08	251,98
D16	2,6	200	81,33	258,96	251,98
Berdasarkan Hasil perhitungan perencanaan dengan menggunakan ETABS v9.7.4				LL	DL
				154,99	117,99
				389,572	
A1	251,98	<	389,572	Tidak Aman	
A16	251,98				
D1	251,98				
D16	251,98				


Sumber : Data Analisis, 2023

Tabel. Rekapitulasi hasil perhitungan data sondir dengan metode *Schmertmann – Nottingham* berdasarkan titik pondasi

Titik	Dept	qc kg/cm ²	JHL kg/cm ²	Qs kg/cm	Qult kN
A1	4,2	200	81,33	384,11	439,01
A16	2,9	200	81,33	265,22	320,12
D1	5,2	200	81,33	475,56	530,47
D16	2,55	200	81,33	233,21	288,11
Berdasarkan Hasil perhitungan perencanaan dengan menggunakan ETABS v9.7.4				LL	DL
				154,99	117,99
				389,572	
A1	439,01	>	389,572	Aman	
A16	320,12	<			
D1	530,47	>			
D16	288,11	>			

Sumber : Data analisis, 2023

Tabel. Rekapitulasi hasil perhitungan penurunan pondasi

Titik	Dept	S _s	S _p	S _{ps}	S
A1	4,2	0,0379	0,0449	0,0033	0,0860
A16	2,9	0,0181	0,0464	0,0068	0,0713
D1	5,2	0,0581	0,0439	0,0021	0,1040
D16	2,6	0,0140	0,0468	0,0088	0,0696
S _{ijin} 10% x Diameter tiang = 1 x 10% = 0,10 m					
A1	0,09		S _{ijin}	OK!	
A16	0,07				
D1	0,10				
D16	0,07				

Sumber : Data analisis, 2023

Saran

Dari analisis yang telah dilakukan diatas, maka setiap perencanaan haruslah mengacu kepada standar-standar perencanaan yang berlaku sehingga dapat menghasilkan struktur yang sesuai dengan standart yang diharapkan bisa menjamin kekuatan (*Strenght*) bangunan, keselamatan (*Safety*) bangunan serta penghuni, kenyamanan (*Serviceability*) penghuni, dan umur rencana dari suatu bangunan (*Durability*) tersebut.

Daftar Pustaka

- Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. *Panduan Skripsi Fakultas Teknik 2021*.
- PT. Cipta Multi Kreasi. 2021. *Dokumen Hasil Penyelidikan Tanah Pembangunan Gedung Rumah Susun ASN Universitas Andalas*. Padang: PT. Cipta Multi Kreasi. 2022.
- Bastian. E. (2021), *Analisa Struktur*, Bahan Kuliah. Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Habirun. N. A. (2021), *Struktur Beton*, Bahan Kuliah. Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Badan Standarisasi Nasional, 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*, ICS 91.010.01 Badan Standarisasi Nasional, www.bsn.go.id , Jakarta ©BSN 2017.
- Buku Tentang Beton Standar ASTM D3341-75t *Metodologi -sondir*
- Buku Standar SNI-2847-2013, *Persyaratan Beton Structural Untuk Bangunan Gedung*.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *ANALISIS DAN PERENCANAAN FONDASI I* (Edisi 2) Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gunawan, R. (1983). "Pengantar Teknik Pondasi", Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
<https://www.scribd.com/doc/11718616/Design-Bored-Pile#scribd>
<https://arsitekdan.sipil.blogspot.com/2014/06/cara-pelaksanaan-pondasi-bore-pile.html>
- Riadi, Muchlisin. (2020). *Pondasi (Pengertian, Aspek, Jenis-jenis dan Pembebanan)*, diakses dari <https://www.kajianpustaka.com/2020/11/pondasi.html> pada 30 Januari 2023
- Fadilah, U. N., & Tunafiah, H. (2018) "Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-Spt menurut Rumus Reese & Wright dan Penurunan". *Jurnal IKRA-ITH Teknologi*, 2(3), 7-13.
- Jurusan Teknik Sipil Siklus, Vol. 1, No. 2, Oktober 2015 Jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Pekan Baru Jalan Dirgantara No. 4 Arengka Raya Pekan Baru Judul : *Analisa Kuat Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test) Metode Mayerhoff, Metode Aoki dan de Alencar, Metode Coyle dan Castello, Metode O'Neil dan Reese*.