

## ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI TIANG BOR PADA PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM 2 SMK-SMAK BOGOR

Ananda Putri Amalia<sup>1</sup>, Dandung Novianto<sup>2</sup>, Novita Anggraini<sup>3</sup>

[Anandaputri142.apa@gmail.com](mailto:Anandaputri142.apa@gmail.com)<sup>1</sup>, [dandung.novianto@polinema.ac.id](mailto:dandung.novianto@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [novita.anggraini@polinema.ac.id](mailto:novita.anggraini@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

Koresponden\*, Email: [Anandaputri142.apa@gmail.com](mailto:Anandaputri142.apa@gmail.com)

### ABSTRAK

Proyek pembangunan SMK/SMAK Bogor yang dibangun di tengah wilayah padat penduduk dengan perencanaan awal menggunakan fondasi spun pile sehingga menyebabkan getaran yang cukup besar dan berpengaruh terhadap lingkungan sekitar. Oleh karena itu penulis melakukan analisis yang berjudul "Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Pada Pembangunan Gedung Laboratorium 2 SMK/SMAK Bogor". Permasalahan yang dibahas adalah pembebanan struktur atas, daya dukung pada fondasi tiang bor, dimensi pada fondasi tiang bor, penurunan pada fondasi tiang bor, metode pelaksanaan fondasi tiang bor, dan RAB pada perencanaan fondasi tiang bor. Dengan menggunakan data N-SPT dan laboratorium maka didapatkan hasil perhitungan yaitu pembebanan portal struktur didapatkan nilai  $Q_v$  adalah 404,98 ton dan  $\mu$  adalah 62,51 ton, terdapat 2 jenis *pile cap* yaitu PC1 dengan ukuran 3,35x3,4x0,75 meter berisi 3 tiang bor, daya dukung kelompok tiang ( $Q_g$ ) 520,29 ton, diameter 0,65 meter, panjang 7 meter, penurunan 6,04 < 15,43 cm. PC2 dengan ukuran 2,7x3,4x0,75 meter berisi 2 tiang bor, daya dukung kelompok tiang ( $Q_g$ ) 521,25 ton, diameter 0,65 meter, panjang 7 meter, penurunan 14,84 < 15,56 cm. Alat yang digunakan *rotary bore pilling*, *crane*, pompa air, *excavator*, *dump truck* dan alat manual, biaya pelaksanaan tiang bor sebesar Rp. 2.657.000.000,00.

**Kata kunci :** Beban, Daya Dukung, Dimensi, Penurunan, Metode pelaksanaan, RAB

### ABSTRACT

*The construction project for the SMK/SMAK Bogor was undertaken in a densely populated area, initially planned to use a spun pile foundation. This method caused significant vibrations, affecting the surrounding environment. Therefore, the author conducted an analysis titled "Analysis of the Bearing Capacity of Bore Pile Foundations in the Construction of Laboratory Building 2 SMK/SMAK Bogor." The problems discussed include the loading of the upper structure, the bearing capacity of bored pile foundations, the dimensions of bored pile foundations, the settlement of bored pile foundations, the methods for implementing bored pile foundations, and the cost estimate in planning bored pile foundations. The data that used in the analysis are N-SPT data and laboratory data, the calculation results such as the loading of the structure portal, the  $Q_v$  was 404.98 tons, and  $\mu$  was 62.51 tons. There are two types of pile caps: PC1, with dimensions of 3.35x3.4x0.75 meters, containing three bored piles, with a pile group carrying capacity ( $Q_g$ ) of 520.29 tons, a diameter of 0.65 meters, a length of 7 meters, and a settlement of 6.04 < 15.43 cm; and PC2, with dimensions of 2.7x3.4x0.75 meters, containing two bored piles, with a pile group carrying capacity ( $Q_g$ ) of 521.25 tons, a diameter of 0.65 meters, a length of 7 meters, and a settlement of 14.84 < 15.56 cm. The tools used for this project are rotary bore piling, a crane, a water pump, an excavator, a dump truck, and manual equipment. The cost estimate for bored pile is IDR 2,657,000,000.00.*

**Keywords :** Loading, Bearing Capacity, Dimension, Settlement, Work method, RAB

### 1. PENDAHULUAN

Fondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh fondasi dan beratnya sendiri kepada kedalaman tanah dan batuan yang terletak

dibawahnya (Bowles, 1997). Pada struktur fondasi terdapat dua jenis yaitu, fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi dangkal (*shallow foundation*), diantaranya fondasi batu kali, fondasi foot plat, fondasi menerus, dan fondasi rakit. Fondasi

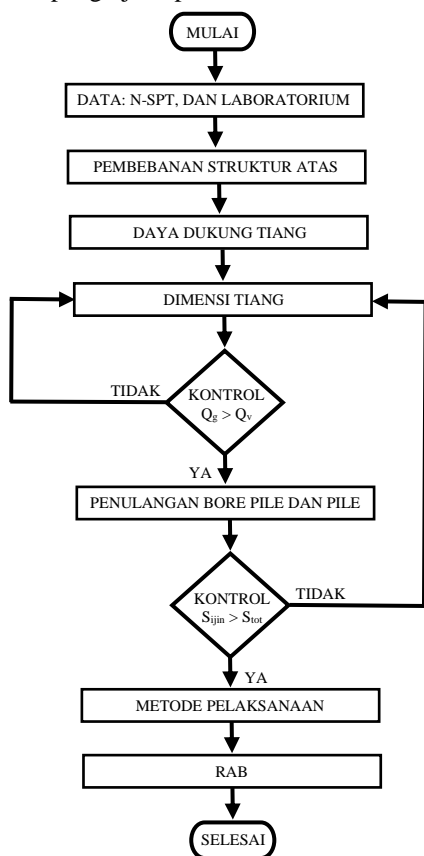
dalam (*deep foundation*) yaitu fondasi tiang pancang, fondasi tiang bor. Fondasi tiang bor (*bore pile*) merupakan fondasi dalam dengan metode pengeboran pada tanah terlebih dahulu yang kemudian dilakukan pemasangan tiang/tulangan, *cast-in-place piles (bore pile)* secara harfiah tidak menyebabkan perpindahan dan dikenal sebagai tumpukan nondisplacement (Braja M. Das, 2017).

Dengan perencanaan awal menggunakan fondasi *spun pile* dan mendapat laporan dari warga sekitar dengan pertimbangan lainnya, maka beberapa titik yang paling dekat dengan area rumah warga dan area pemakaman diubah menjadi fondasi *bored pile*. Dengan adanya studi terdahulu dan kasus yang terdapat di lapangan, maka direncanakan untuk pengubahan keseluruhan titik fondasi pada Gedung laboratorium 2 menjadi fondasi *bored pile*.

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pembebanan struktur atas, perhitungan daya dukung pada fondasi tiang bor, dimensi pada fondasi tiang bor, penurunan pada fondasi tiang bor, metode pelaksanaan yang digunakan selama pekerjaan fondasi tiang bor berlangsung, dan rencana anggaran biaya pada perencanaan fondasi tiang bor gedung laboratorium.

**2. METODE**

Bagan alir pengerjaan penulisan:



**Gambar 1** Bagan Alir Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bor

- a. Metode yang digunakan untuk menghitung pembebanan struktur atas yaitu menggunakan beban hidup, beban mati, beban mati tambahan, beban gempa, dan beban angin. Untuk permodelan portal menggunakan ETABS
- b. Metode untuk menghitung daya dukung tiang bor menggunakan:

- Daya dukung tiang tunggal menggunakan Metode Mayerhof rumus:

$$Q_p = Ap \cdot \left[ pa \cdot N_{60} \left( \frac{L}{D} \right) \right] \leq Ap \cdot (4 \cdot pa N_{60}) \quad (1)$$

$$N_{60}' = \frac{1}{0,6} \cdot Ef \cdot C_b \cdot C_s \cdot C_r \cdot N \quad (2)$$

$$N_{60} = \frac{N+N+N+N+N}{\Sigma n} \quad (3)$$

$$Q_s = fav \cdot p \cdot L \quad (4)$$

$$fav = 0.01 \cdot pa \cdot \bar{N}_{60} \quad (5)$$

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (6)$$

$$Q_{all} = Q_u / FS \quad (7)$$

Dimana:

$Q_p$  = kapasitas ujung tiang dalam kondisi batas (ton)

$Ef$  = efisiensi pemukul

$C_b$  = koreksi diameter lubang bor

$C_s$  = koreksi oleh tipe tabung

$C_r$  = koreksi untuk panjang batang bor

$N$  = nilai N-SPT hasil uji di lapangan

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang (m<sup>2</sup>)

$N_{60}$  = nilai N-SPT koreksi rata-rata pada 10.D di atas dan 4.D di bawah tiang bor

$pa$  = tekanan atmosfer = 100 kN/m<sup>2</sup>

$D$  = Diameter tiang (m)

$L$  = Panjang tiang (m)

$Q_s$  = kapasitas friksi tiang dalam kondisi batas (ton)

$p$  = keliling penampang tiang

$fav$  = rata-rata satuan perlawanan geser

$\bar{N}_{60}$  = Nilai rata-rata N-SPT koreksi sepanjang tiang

$Q_u$  = kapasitas tiang dalam kondisi batas (ton)

$Q_{all}$  = kapasitas daya dukung batas tiang (ton)

$FS$  = angka keamanan (2,5 s/d 4)

- Daya dukung kelompok tiang menggunakan rumus:

$$n = Q_v / Q_{all} \quad (8)$$

$$Q_g = n \cdot m \cdot Q_u \quad (9)$$

$$Q_g = Eg \cdot n \cdot Q_{all} \quad (10)$$

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m+(m-1)n}{90.m.n} \quad (11)$$

$$Q_i = \frac{Q_v}{n} + \frac{M_y \cdot x}{\sum(x^2)} + \frac{M_x \cdot y}{\sum(y^2)} \quad (12)$$

Dimana:

n = Jumlah Tiang

$Q_v$  = Beban yang bekerja

n = jumlah tiang dalam 1 baris

m = jumlah baris

$Q_u$  = kapasitas dukung ultimit tiang tunggal

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

$\theta$  = sudut dalam derajat

$Q_p$  = beban tiang tunggal

n = Jumlah tiang dalam kelompok tiang

$M_x, M_y$  = Momen yang bekerja masing-masing pada sumbu x dan y

x, y = Jarak masing-masing tiang pada sumbu x dan y

- c. Metode untuk menghitung penurunan pada fondasi tiang bor menggunakan rumus:

- Penurunan elastik kelompok tiang:

$$S_g (e) (mm) = \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot x \cdot l}}{N_{60}} \quad (13)$$

$S_g$  = Penurunan elastic kelompok tiang

$q = Q_g / (L_g \cdot B_g)$

$L_g$  = Panjang kelompok tiang

$B_g$  = Lebar Kelompok tiang

I = Faktor pengaruh

$\bar{N}$  = nilai N – SPT rata rata pada kedalaman Bg dibawah fondasi

- Penurunan konsolidasi kelompok tiang:

Distribusi beban:

$$\Delta p_i = \frac{Q_g}{(L_g + z_i) \cdot (B_g + z_i)} \quad (14)$$

$\Delta p_i$  = penambahan tegangan pada tengah-tengah lapisan i

$Q_g$  = beban yang bekerja pada kelompok tiang

$L_g, B_g$  = panjang dan lebar kelompok tiang

$z_i$  = jarak dari  $z = 0$  sampai ke tengah-tengah lapisan ke-i

Tegangan overburden:

$$p_{\sigma i} = (\gamma \cdot h_i) \quad (15)$$

Penurunan:

$$\Delta s_i = \left( \frac{C_c \cdot H_i}{1 + e_0} \right) \cdot x \log \left( \frac{p_0 + \Delta p_i}{p_0} \right) \quad (16)$$

$$\Delta s_c = \Delta s_i + \Delta s_n \quad (17)$$

$\Delta s_c$  = penurunan konsolidasi pada lapisan ke-i

$\Delta e_{(i)}$  = perubahan angka pori akibat penambahan tegangan pada lapisan ke-i

$e_0$  = angka pori awal pada lapisan ke-i

$H_i$  = tebal lapisan ke-i

Penurunan izin:

$$S_{tot} = S_g + S_c$$

$$S_{ijin} = 15 + B/600 \quad (18)$$

$$= S_{tot} < S_{ijin}$$

$S_{ijin}$  = Penurunan ijin fondasi

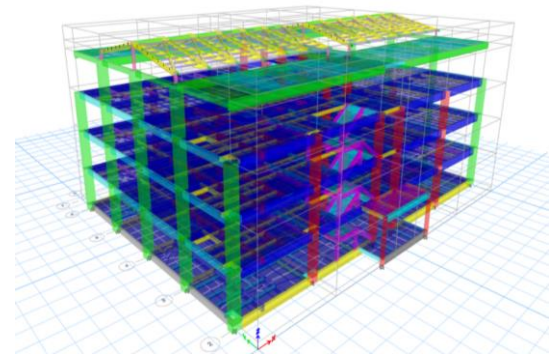
- d. Metode pelaksanaan yang digunakan untuk pekerjaan fondasi bore pile memiliki beberapa cara diantaranya yaitu metode basah (*Wet Method*), metode kering (*Dry Method*), dan metode *casing*.

- e. Perhitungan rencana anggaran biaya RAB menggunakan AHSP Kota Bogor tahun 2022 dengan menggunakan metode PUPR.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan penelitian sebagai berikut:

- a. Perhitungan pembebanan struktur atas dengan menggunakan *software* ETABS sebagai berikut:



**Gambar 2** Permodelan Struktur Gedung Laboratorium 2 SMA-SMAK Bogor

Sumber: Hasil Analisa

Hasil output ETABS yang didapat dari kombinasi beban yang ada, yaitu:

Beban Aksial ( $Q_v$ ) = 4.033,71 kN = 404,98 ton

Momen ( $M_x$ ) = 335,26 kN.m = 33,66 ton.m

Momen ( $M_y$ ) = 317,9 kN.m = 31,91 ton.m

- b. Perhitungan daya dukung tiang tunggal menggunakan metode Mayerhof 1976:

- Kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_p$ )

$$N_{60}' = \left( \frac{1}{0,6} \right) \cdot (0,5) \cdot (1) \cdot (1) \cdot (1) \cdot (4) = 3,3$$

**Tabel 1** Nilai N-SPT koreksi rata-rata pada 10.D di atas dan 4.D di bawah tiang bor

Kedalaman (m)	N		
1,5	5	2,5	
2	5	4,2	
4	4	3,3	28,5
6	47	39,2	
8	60	50	

10	60	50
10,6	60	50

Sumber: Hasil Analisa

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \left(\frac{1}{4}\right) \cdot (\pi) \cdot (0,65)^2 = 0,33 \text{ m}^2$$

$$Q_p = A_p \cdot \left[pa \cdot N_{60} \cdot \left(\frac{L}{D}\right)\right] \leq A_p \cdot (4 \cdot pa \cdot N_{60})$$

$$= 0,33 \cdot \left[(100) \cdot (28,5) \cdot \left(\frac{7}{0,65}\right)\right] \leq$$

$$0,33 \cdot ((4) \cdot (100) \cdot (28,5))$$

$$= 4.064,99 \leq 3.774,64 \text{ kN}$$

$$= 3.774,64 = \mathbf{378,97 \text{ ton}}$$

- Kapasitas dukung selimut tiang ( $Q_s$ )

**Tabel 2** Nilai N-SPT Koreksi Rata-Rata Sepanjang Tiang

Bor			
Kedalaman (m)	N	$N_{60}'$	$N_{60}$
2	4	4,2	
4	4	3,3	24,2
6	47	39,2	

**Tabel 3** Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Kedalaman (m)	6			7			8			
	Diameter (m)	0,4	0,5	0,65	0,4	0,5	0,65	0,4	0,5	0,65
$Q_p$ (ton)		147,12	231,19	329,29	179,70	229,87	378,97	214,37	303,43	434,74
$Q_s$ (ton)		171,81	214,77	279,20	213,32	266,65	346,65	295,92	369,90	480,87
$Q_u$ (ton)		318,93	445,96	608,49	393,02	496,53	725,62	510,29	673,33	915,61
$Q_{all}$ (ton)		106,31	148,65	202,83	131,01	165,51	241,87	170,10	224,44	305,20
$Q_v$ (ton)		404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98
Syarat		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Sumber: Hasil Analisa

- c. Perhitungan daya dukung kelompok tiang adalah sebagai berikut:

Untuk *pile cap* berisi 2 tiang:

- Jumlah tiang

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}}$$

$$= \frac{404,98}{241,88}$$

$$= 1,67 = \mathbf{2 \text{ buah}}$$

Perhitungan Jarak Antar Tiang

$$\text{Jarak minimum} = 2,5 \cdot D$$

$$= (2,5) \cdot (0,65)$$

$$= 1,63 \text{ meter} \approx 1,7 \text{ meter}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 3 \cdot D$$

$$= (3) \cdot (0,65)$$

$$= 1,95 \text{ meter} \approx 2 \text{ meter}$$

Kontrol jarak antar tiang  $2,5D < S < 3D$ , jadi jarak yang digunakan adalah 2 meter.

$$m = 1$$

8	60	50
---	----	----

Sumber: Hasil Analisa

$$f_{av} = 0,01 \cdot pa \cdot \bar{N}_{60}$$

$$= (0,01) \cdot (100) \cdot (24,2) = 241,67$$

$$P = \pi \cdot D$$

$$= \pi \cdot (0,65) = 2,04 \text{ m}$$

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

$$= (2,04) \cdot (7) \cdot (241,67)$$

$$= 3.452,69 \text{ kN} = \mathbf{346,65 \text{ ton}}$$

- Kapasitas dukung ultimit tiang ( $Q_u$ )

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 378,97 + 346,65 = \mathbf{725,62 \text{ ton}}$$

- Kapasitas dukung tiang bor ( $Q_{all}$ )

$$S_f = 3$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{S_f}$$

$$= \frac{725,62}{3} = \mathbf{241,87 \text{ ton}}$$

$$Q_{all} < Q_v = 241,87 < 362,50 \text{ (NO)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan daya dukung tiang tunggal:

$$n = 2$$

- Kelompok Tiang Aksi Individu

$$Q_g = n \cdot m \cdot Q_u$$

$$= (1) \cdot (2) \cdot (725,62)$$

$$= \mathbf{1451,25 \text{ ton}}$$

- Efisiensi Kelompok Tiang ( $E_g$ )

$$\theta = \tan^{-1}(D/s)$$

$$= \tan^{-1}(0,65/2)$$

$$= 0,31$$

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

$$= 1 - 0,31 \frac{(2-1) \cdot 1 + (1-1) \cdot 2}{(90) \cdot (1) \cdot (2)}$$

$$= 0,99 = \mathbf{99,82\%}$$

- Kelompok tiang aksi kesatuan ( $Q_g$ )

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_{all}$$

$$= (0,99) \cdot (2) \cdot (241,88)$$

$$= \mathbf{482,90 \text{ ton}}$$

- Distribusi beban pada tiang ( $Q_i$ )

$$Q_i = \frac{Qv}{n} + \frac{My.x}{\Sigma(x^2)} + \frac{Mx.y}{\Sigma(y^2)}$$

$$Q_{i1} = \frac{404,98}{2} + \frac{(33,66).(-1)}{(-1^2)} + \frac{(31,92).(0)}{0}$$

$$= 168,83 \text{ ton}$$

$$Q_{i2} = \frac{404,98}{2} + \frac{(33,66).(1)}{1^2} + \frac{(31,92).(0)}{0^2}$$

= 236,15 ton

Berikut merupakan rekapitulasi dari perhitungan daya dukung kelompok tiang dengan 2 tiang bor:

**Tabel 4** Rekapitulasi Dari Perhitungan Daya Dukung Kelompok Dengan 2 Tiang Bor

Kedalaman (m)	6			7			8		
Diameter (m)	0,4	0,5	0,65	0,4	0,5	0,65	0,4	0,5	0,65
Qu (ton)	318,93	445,96	608,49	393,02	496,53	725,62	510,29	673,33	915,61
QgTunggal (ton)	1275,74	1783,82	1216,98	1572,08	1986,11	1451,25	2041,18	1346,67	1831,21
n	2	2	2	2	2	2	2	2	2
m	2	2	1	2	2	1	2	1	1
N	4	3	2	3	3	2	3	2	2
Eg (%)	99,64%	99,64%	99,82%	99,64%	99,64%	99,83%	99,64%	99,82%	99,82%
QgGroup (ton)	211,86	296,24	404,93	261,08	329,84	482,90	338,98	448,09	609,31
Qv (ton)	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98
Cek	NO	NO	NO	NO	NO	OK	NO	OK	OK
Qi1 (ton)						168,83			
Qi2 (ton)						236,15			

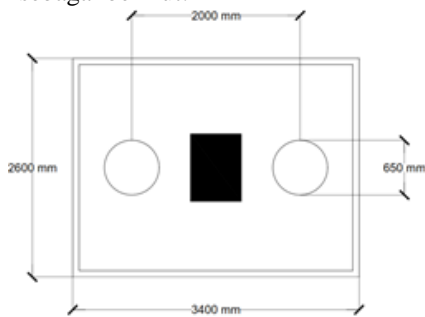
Sumber: Hasil Analisa

**Tabel 5** Rekapitulasi Dari Perhitungan Daya Dukung Kelompok Dengan 3 Tiang Bor

Kedalaman (m)	6			7			8		
Diameter (m)	0,4	0,5	0,65	0,4	0,5	0,65	0,4	0,5	0,65
Qu (ton)	318,93	445,96	608,49	393,02	496,53	725,62	510,29	673,33	915,61
Qg (Tunggal) (ton)	1275,74	1783,82	1216,98	1572,08	1986,11	2902,49	2041,18	1346,67	1831,21
n	2	2	2	2	2	2	2	2	2
m	2	2	1	2	2	2	2	1	1
N	4	3	2	3	3	3	3	2	3
Eg (%)	99,64%	99,64%	99,82%	99,64%	99,64%	99,65%	99,64%	99,82%	99,83%
Qg group (ton)	211,86	296,24	404,93	261,08	329,84	482,06	338,98	448,09	609,34
Qv (ton)	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98	404,98
Cek	NO	NO	NO	NO	NO	OK	NO	OK	OK
Qi1 (ton)						134,85			
Qi2 (ton)						198,97			
Qi3 (ton)						103,08			

Sumber: Hasil Analisa

d. Penurunan yang terjadi pada kelompok berisi 2 adalah sebagai berikut:



**Gambar 3** Kelompok Fondasi 2 Tiang

- Penurunan elastik kelompok tiang dengan metode Mayerhof

$$I = 1 - \frac{Lg}{8.Bg} \geq 0,50$$

$$= 1 - \frac{2,65}{(8).(0,65)}$$

$$= 0,78 > 0,50 \text{ (OK)}$$

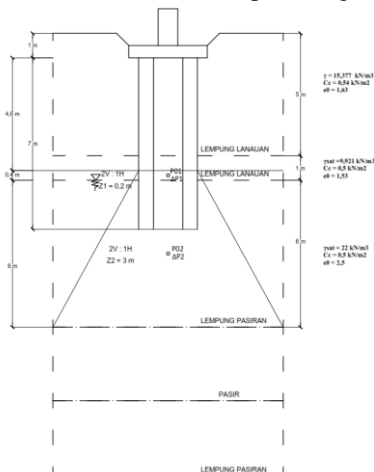
$$q = \frac{Qg}{Lg.Bg}$$

$$= \frac{482,90}{(2,65).(0,65)} = 285,73 \text{ ton/m}^2$$

$$S_{g(e)} = \frac{0,92.q.\sqrt{Bg l}}{\bar{N}}$$

$$= \frac{(0,92).(285,73).\sqrt{0,65.(0,78)}}{57} = 2,93\text{mm}$$

- Penurunan konsolidasi kelompok tiang



**Gambar 4** penurunan Konsolidasi

1. Lapis 1

$$\Delta P_1 = \frac{Qg}{(Lg+Z1).(Bg+Z1)}$$

$$= \frac{482,90}{(2,65+0,2).(0,65+0,2)} = 202,89 \text{ ton}$$

$$\rho_{01} = (\gamma_1.h_1) + (\gamma_2.h_2)$$

$$= ((5).(15,37)) + ((0,6+0,2).(9,92))$$

$$= 84,82 \text{ ton}$$

$$\Delta S_1 = \left( \frac{cc.h}{1+e_0} \right) . \log \left( \frac{\rho^0 + \Delta P}{\rho^0} \right)$$

$$= \left( \frac{(0,54).(0,4)}{1+1,53} \right) . \log \left( \frac{84,82+202,89}{84,82} \right)$$

$$= 0,042 \text{ m} = 41,9 \text{ mm}$$

2. Lapis 2

$$\Delta P_2 = \frac{Qg}{(Lg+Z1).(Bg+Z1)}$$

$$= \frac{482,90}{(2,65+3,4).(0,65+3,4)} = 19,87 \text{ ton}$$

$$\rho_{02} = (\gamma_1.h_1) + (\gamma_2.h_2) + (\gamma_3.h_3)$$

$$= ((5).(15,37)) + ((1).(9,92)) + (3.(22-9,8))$$

$$= 123,41 \text{ ton}$$

$$\Delta S_2 = \left( \frac{cc.h}{1+e_0} \right) . \log \left( \frac{\rho^0 + \Delta P}{\rho^0} \right)$$

$$= \left( \frac{(0,5).(6)}{1+2,5} \right) . \log \left( \frac{123,41+19,87}{123,41} \right)$$

$$= 0,06 \text{ m} = 55,58 \text{ mm}$$

$$\Delta S_c = \Delta s_1 + \Delta s_2$$

$$= 41,9 + 55,58 = 97,52 \text{ mm}$$

$$S_{tot} = S_{e(g)} + \Delta S_c$$

$$= 2,93 + 97,52$$

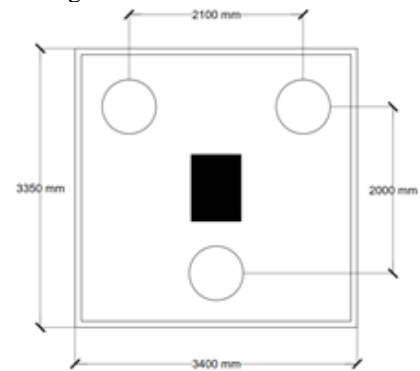
$$= 100,45 \text{ mm} = 10,05 \text{ cm}$$

$$S_{ijin} = 15 + \frac{B}{600}$$

$$= 15 + \frac{260}{600} = 15,43 \text{ cm}$$

$$S_{tot} < S_{ijin} = 10,05 < 15,43 \text{ (OK)}$$

e. Penurunan yang terjadi pada kelompok berisi 3 adalah sebagai berikut:



**Gambar 5** Kelompok Fondasi 3 Tiang

- Penurunan elastik kelompok tiang dengan metode Mayerhof

$$I = 1 - \frac{Lg}{8.Bg} \geq 0,50$$

$$= 1 - \frac{2,7}{(8).(0,65)}$$

$$= 0,87 > 0,50 \text{ (OK)}$$

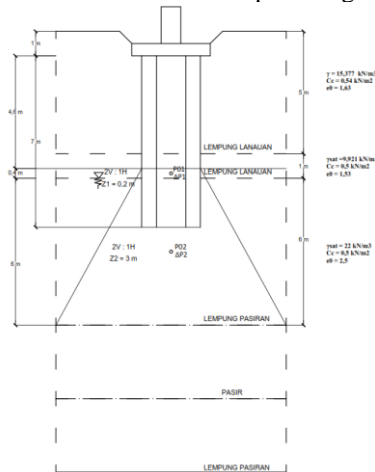
$$q = \frac{Qg}{Lg.Bg}$$

$$= \frac{482,90}{(2,7).(2,65)} = 66,26 \text{ ton/m}^2$$

$$S_{g(e)} = \frac{0,92.q.\sqrt{Bg l}}{\bar{N}}$$

$$= \frac{(0,92) \cdot (285,73) \cdot \sqrt{0,65 \cdot (0,78)}}{57} = 2,93 \text{ mm}$$

- Penurunan konsolidasi kelompok tiang



**Gambar 6** penurunan Konsolidasi

1. Lapis 1

$$\Delta P_1 = \frac{Qg}{(Lg+Z1) \cdot (Bg+Z1)} = \frac{482,90}{(2,7+0,2) \cdot (2,65+0,2)} = 57,44 \text{ ton}$$

$$\rho_{01} = (\gamma_1 \cdot h_1) + (\gamma_2 \cdot h_2) = ((5) \cdot (15,37)) + ((0,6+0,2) \cdot (9,92)) = 84,82 \text{ ton}$$

$$\Delta S_1 = \left( \frac{cc \cdot h}{1+e0} \right) \cdot \log \left( \frac{\rho_0 + \Delta P}{\rho_0} \right) = \left( \frac{(0,54) \cdot (0,4)}{1+1,53} \right) \cdot \log \left( \frac{84,82+57,44}{84,82} \right) = 0,018 \text{ m} = 17,8 \text{ mm}$$

2. Lapis 2

$$\Delta P_2 = \frac{Qg}{(Lg+Z1) \cdot (Bg+Z1)} = \frac{482,90}{(2,7+3,4) \cdot (2,65+3,4)} = 12,98 \text{ ton}$$

$$\rho_{02} = (\gamma_1 \cdot h_1) + (\gamma_2 \cdot h_2) + (\gamma_3 \cdot h_3) = ((5) \cdot (15,37)) + ((1) \cdot (9,92)) + (3 \cdot (22-9,8)) = 123,41 \text{ ton}$$

$$\Delta S_2 = \left( \frac{cc \cdot h}{1+e0} \right) \cdot \log \left( \frac{\rho_0 + \Delta P}{\rho_0} \right) = \left( \frac{(0,5) \cdot (6)}{1+2,5} \right) \cdot \log \left( \frac{123,41+12,98}{123,41} \right) = 0,037 \text{ m} = 37,23 \text{ mm}$$

$$\Delta S_c = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 17,8 + 37,23 = 54,98 \text{ mm}$$

$$S_{tot} = S_e(g) + \Delta S_c = 1,44 + 54,98$$

$$= 56,42 \text{ mm} = 5,64 \text{ cm}$$

$$S_{ijin} = 15 + \frac{B}{600} = 15 + \frac{335}{600} = 15,56 \text{ cm}$$

$$Stot < S_{ijin} = 5,64 < 15,56 \text{ (OK)}$$

f. Hasil perhitungan penulangan didapatkan hasil pada PC1 menggunakan tulangan atas D19-130 mm tulangan bawah D16-180 mm, PC2 menggunakan tulangan atas D19-130 mm tulangan bawah D16-180 mm, dan bore pile menggunakan penulangan utama 12-D19 dan tulangan transversal D10-100.

g. Metode pelaksanaan yang digunakan pada pengerjaan fondasi tiang bor adalah sebagai berikut:

- Metode pelaksanaan tiang bor:
  1. Penentuan titik yang akan dilakukan pengeboran
  2. Pemasangan dan penempatan alat bor *rotary bore pilling*
  3. Pengeboran dengan menggunakan metode *wet drilling*, pengikisan tanah dibantu dengan aliran air dari pompa air
  4. Pekerjaan pembesian baik pembesian utama dan spiral, sebelum dimasukan rangkaian besi *bore pile* memasukan casing kedalam lubang bor untuk menahan dinding tanah. Kemudian memasukan rangka besi dengan bantuan *crane*
  5. Pengecoran dilakukan bersamaan dengan pengecoran *pile cap* menggunakan *ready mix* K-450, setelah itu *casing* dapat di cabut dari lubang bor.

- Metode pelaksanaan *pile cap*:

1. Menentukan *As pile cap* dan markisng posisi peletakan bekisting
2. Pengerjaan galian dengan menggunakan *excavator*
3. Pembuatan urugan pasir dan lantai kerja setebal 150 mm dengan menggunakan beton *ready mix* K-B0
4. Memasang bekisting batako pada sisi *pile cap*
5. Pekerjaan penulangan dan memasang kerangka penulangan
6. Pengecoran menggunakan beton *ready mix* K-450.

h. Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan fondasi tiang bor pada Gedung Laboratorium 2 SMK/SMK Bogor berdasarkan harga satuan pekerjaan wilayah kota Bogor tahun

2022, sebesar Rp. 2.657.000.000,00 (dua miliar enam ratus lima puluh tujuh juta rupiah).

#### 4. KESIMPULAN

1. Pembebanan struktur pada Gedung laboratorium 2 menggunakan permodelan ETABS didapatkan beban aksial ( $Q_v$ ) sebesar 404,98 ton, momen ( $M_x$ ) sebesar 33,66 ton, momen ( $M_y$ ) sebesar 31,92 ton dan momen ultimit ( $M_u$ ) sebesar 62,51 ton.
2. Pada perhitungan daya dukung kelompok pada fondasi tiang bor Gedung laboratorium 2 digunakan penampang bulat dengan dimensi 0,65 m dan panjang 7 m, dengan hasil sebagai berikut:
  - a. Kelompok tiang berisi 2 tiang  
 $Q_g > Q_v = 482,90 > 404,98$  ton
  - b. Kelompok tiang berisi 3 tiang  
 $Q_g > Q_v = 482,06 > 404,98$  ton
3. Digunakan dimensi penampang yaitu panjang 7 meter dengan diameter 0,65 meter.
4. Penurunan yang terjadi pada kelompok fondasi tiang bor dengan 2 jenis pile cap didapatkan sebagai berikut:
  - a. Kelompok tiang berisi 2 tiang  
 $S_{tot} < S_{ijin} = 10,05 < 15,43$  cm
  - b. Kelompok tiang berisi 3 tiang  
 $S_{tot} < S_{ijin} = 5,64 < 15,56$  cm
5. Metode pelaksanaan yang digunakan selama pengerjaan fondasi tiang bor adalah metode *casing* untuk pengerjaan pengeboran dengan bantuan alat *rotary bore piling* dan *crane* dan untuk pengerjaan *pile cap* menggunakan metode manual dengan bantuan alat *excavator* untuk pengerukan tanah.
6. Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan ulang fondasi tiang bor pada Gedung Laboratorium 2 SMK/SMK Bogor sebesar Rp. 2.657.000.000,00 (dua miliar enam ratus lima puluh tujuh juta rupiah).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggraini, N., Novianto, D. & Sholeh, M., 2021. Rekayasa Pondasi II, pp. 1-65.
- [2] Das, B. M., 2019. PRINCIPLE OF FOUNDATION ENGINEERING. ninth ed. USA: CENGAGE.
- [3] SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Indonesia, Patent No. ICS 91.120.25; 91.080.01.
- [4] SNI 1727:2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Indonesia, Patent No. ICS 93.020.
- [5] Permen PUPR Nomor 28/PRT/M/2016 Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum, Paten No. 28/PRT/M/2016.