

## PERENCANAAN ULANG (*REDESIGN*) FONDASI BOREDPILE APARTEMEN GRAND SHAMAYA SURABAYA

Raden Mas Dimas Satriyo Cahyodiningrat<sup>1</sup>, Moch. Sholeh<sup>2</sup>, Agus Sugiarto<sup>3</sup>

Mahasiswa Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Program Diploma IV-Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Apartemen Grand Shamaya di Surabaya memiliki klasifikasi tanah lempung dan daya dukung yang lemah. Salah satu fondasi *boredpile* sedikit mengalami penurunan bahkan sebelum menerima beban struktur atas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membuat desain baru dengan diameter dan kedalaman yang berbeda dengan menghitung pembebanan struktur atas, daya dukung fondasi, penurunan fondasi, mengetahui metode pelaksanaan *boredpile*, dan biaya pekerjaan *boredpile*. Data yang diperlukan untuk perencanaan berupa data penyelidikan tanah, gambar DED, harga satuan pekerjaan Jawa Timur tahun 2023, serta data perencanaan gedung. Perhitungan pembebanan menggunakan bantuan *software* Robot Structural Analysis untuk mencari reaksi tumpuan pada kolom. Kemudian untuk menentukan daya dukung menggunakan metode Meyerhof dan  $\alpha$ , sedangkan perhitungan penurunan menggunakan metode Vesic. Hasil dari analisis pembebanan didapat reaksi tumpuan terbesar pada node 325 di bagian raft sebesar 105974,55 kN, node 67 pada Pilecap Tipe 1 sebesar 4526,97 kN, node 273 pada Pilecap tipe 2 sebesar 9439,85 kN, dan node 269 pada Pilecap tipe 3 sebesar 11528,92 kN. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan dimensi *boredpile* paling efektif adalah berdiameter 1,3 m dengan kedalaman 60 m. Kemudian daya dukung fondasi didapatkan sebesar 4857,94 kN (Tipe1), 9715,89 kN (Tipe2) dan 14573,83 kN (Tipe3), sedangkan penurunan fondasi total didapatkan sebesar 0,044 m (Tipe1), 0,276 m (Tipe2), 0,311 m (Tipe3), dan 0,1425 m (Raft). Selanjutnya metode pelaksanaan menggunakan mesin bor berdiameter 1,3 m dengan biaya pekerjaan sebesar Rp207.971.600.480.

**Kata kunci** : Tes Penetrasi Standard, Tiang Bor, Daya Dukung, Penurunan, Metode Pelaksanaan, RAB

### ABSTRACT

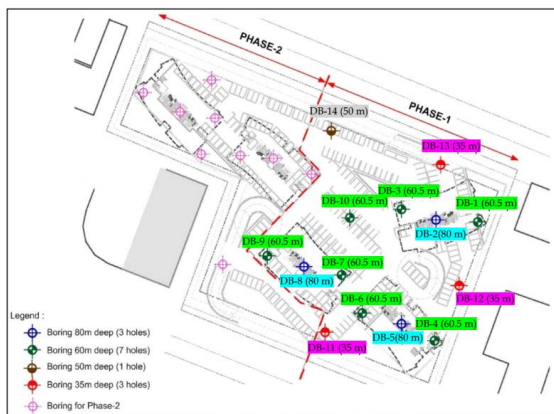
*Grand Shamaya Apartment located on Surabaya which is had a clay soils classification and has low bearing capacity. One of the bored pile foundation already has a slight settlement whereas it hasn't received any structural load. The purpose of this thesis is to make a new design of the bored pile by find out the loading analysis of the superstructure, bearing capacity, settlement of the boredpile, and determined the cost and the method of the boredpile. The required secondary data are soil investigation data, detail engineering design, works unit price of East Java 2023, and planning data that consist of building function, steel and concrete grade, number of the story, and height from each story. The data were proceed using Robot Structural Analysis to find out the support reaction of the building, Meyerhof and  $\alpha$  method to determined the bearing capacity of the boredpile, and Vesic method to find out the settlement of the bored pile. The results that obtained are support reaction on raft 105974,55 kN (node325), pilecap type 1 4526,97 kN (node67), pilecap type 2 9439,85 kN (node273), pilecap type 3 11528,92 kN (node269). After it calculated, the most effective dimension of the boredpile is 1,3 m with 60 m height, the bearing capacity for pilecap type1 is 4857.94 kN, type 2 is 9715.89 kN, type 3 is 14573.83 kN, but the total of the settlement for type1 is 0,044 m type 2 is 0,276 m, type 3 is 0,311 m, for raft is 0,1425 m, the cost is Rp207,971,600,480 and the method is using 1,3 m bore machine diameter.*

**Keywords** : Standard Penetration Test, Boredpile, Bearing capacity, Settlement, Work method, Cost

**1. PENDAHULUAN**

Fondasi merupakan bagian struktur bawah yang memiliki peranan penting dalam konstruksi yaitu menahan semua beban pada struktur atas kemudian beban dari struktur atas disalurkan dan disebarkan kedalam lapisan tanah yang memiliki karakteristik keras agar dapat menerima penyaluran tegangan tersebut.

Grand Shamaya merupakan bangunan gedung apartemen yang sekarang dalam masa pembangunan terletak di daerah Surabaya. Apartemen ini nantinya akan terdiri dari 3 tower utama dan memiliki 53 lantai terdiri dari 2 basement, 8 lantai podium, dan lantai 9 hingga 53 merupakan bagian tower.



**Gambar 1. Denah Titik Boring Log**

Jenis lapisan tanah di dekat permukaan memiliki karakteristik kuat geser yang amat rendah dan tingkat kompresibilitas yang tinggi. Kondisi ini Dapat berdampak pada kegagalan fondasi dan kegagalan stabilitas tahanan galian timbunan. Terdapat salah satu fondasi boredpile Apartemen Grand Shamaya telah mengalami sedikit penurunan, padahal belum menerima beban struktur, hanya beban sendiri dari fondasi dan beban baja king post. Untuk mendukung beban kerja struktur. Maka dari itu dibuat perencanaan alternatif bored pile yang berbeda dengan eksisting. Dari latar belakang yang telah dijelaskan tujuan dari penulisan jurnal skripsi ini adalah :

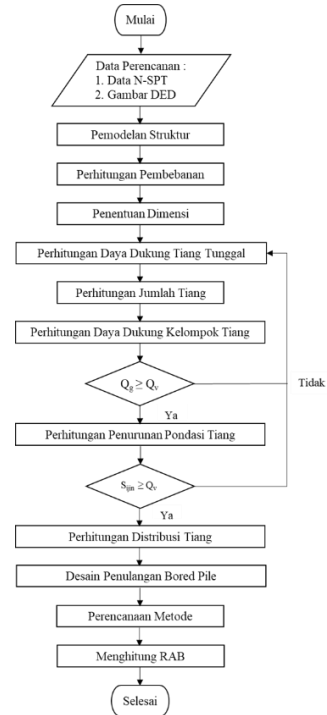
1. Menghitung pembebanan dari struktur atas.
2. Menghitung kapasitas daya dukung fondasi *boredpile* rencana.
3. Menghitung nilai penurunan fondasi tiang *boredpile* rencana.
4. Menghitung biaya untuk pelaksanaan fondasi *bored pile*.

Mengetahui metode pelaksanaan fondasi *bored pile*.

**2. METODE**

Pada perencanaan ulang fondasi ini dilakukan beberapa analisa dan perhitungan, yaitu pengolahan data dan korelasi

N-SPT, analisa perhitungan pembebanan struktur atas, perhitungan daya dukung tunggal, daya dukung kelompok tiang, distribusi tiang dan penurunan tiang setelah dilakukan perhitungan membuat metode pelaksanaan dan rancangan anggaran biaya.



**Gambar 2. Flowchart Perencanaan Fondasi**

**A. Olah Data dan Korelasi N-SPT**

**1. Data SPT Koreksi Lapangan (N<sub>60</sub>)**

Ada beberapa faktor yang memengaruhi variasi dari nilai tes penetrasi standard (N) dari setiap lapisan tanah. Beberapa faktor tersebut adalah *hammer efficiency*, *borehole diameter*, *sampling method*, dan *rod length*. (Skempton 1986; Seed et al 1985). Berikut merupakan tabel beberapa faktor yang memengaruhi nilai tes penetrasi standard.

$$N_{60} = \frac{\eta_H \eta_B \eta_S \eta_R}{60}$$

**Tabel 1. Tabel Efisiensi Palu**

Country	Hammer Type	Hammer Release	ηH (%)
Japan	Donut	Free fall	78
	Donut	Rope and pulley	67
United States	Safety	Rope and pulley	60
	Donut	Rope and pulley	45
Argentina	Donut	Rope and pulley	45
	Donut	Free fall	60
China	Donut	Rope and pulley	50

**Tabel 2. Tabel Koreksi Diamter Borehole**

Diameter	$\eta_B$
60-120	1
150	1.05
200	1.15

**Tabel 3. Tabel Koreksi Sampel**

Variable	$\eta_S$
Standar sampler	1
With liner for dense sand and clay	1.05
With liner for loose sand	1.15

**Tabel 4. Tabel Koreksi Rod Length**

Rod Length	$\eta_R$
>10	1
6-10	0.95
4-6	0.85
0-4	0.75

**2. Korelasi Antara Kohesi dengan N-SPT**

Menurut Terzaghi dan Peck (1967) terdapat korespondensi antara nilai N dengan kohesi tak terdrainasi dari tanah lempung, berikut merupakan tabel hubungan antara nilai  $C_u$  dengan N-SPT.

**Tabel 5. Korelasi  $c_u$  dan N-SPT**

Consistency	N	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
very soft	0-2	<12
soft	2-4	12-25
medium	4-8	25-50
stiff	8-15	50-100
very stiff	15-30	100-200
hard	>30	>200

**3. Korelasi Antara Nilai  $\gamma$  dengan N-SPT**

Menurut Terzaghi dan Peck (1943) terdapat korelasi antara nilai penetrasi standard dengan berat jenis pada tanah kohesi, korelasi tersebut dinyatakan dalam tabel berikut ini.

**Tabel 6. Korelasi  $\gamma$  dan N-SPT**

N-SPT	Konsistensi	$q_u$ (tons/ft <sup>2</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )
0-2	Very Soft	<0.25	16-19
2-5	Soft	1.25-0.5	16-20
5-10	Medium Stiff	0.5-1	17-20
10-20	Stiff	1-2	19-22
20-30	Very Stiff	2-4	19-22

>30                      Hard                      >4                      19-22

**4. Korelasi Antara  $e_o$  dan N-SPT**

Menurut Anbazhagan et al (2017) terdapat hubungan antara angka pori dengan nilai tes penetrasi standard untuk semua jenis tanah, tanah berbutir halus, dan berbutir kasar, hubungan tersebut dinyatakan dalam rumus berikut.

$e = 1,202N^{-0,217}$  ( $R^2 = 0,736$ ) untuk semua jenis tanah  
 $e = 0,89N^{-0,12}$  ( $R^2 = 0,71$ ) untuk jenis tanah berbutir halus  
 $e = 1,01N^{-0,105}$  ( $R^2 = 0,736$ ) untuk jenis tanah berbutir kasar

**5. Korelasi Antara  $e_o$  dan  $C_c$**

Terdapat Korelasi empiris antara angka pori ( $e_o$ ) dengan indeks kompresibilitas ( $C_c$ ) untuk semua jenis tanah lempung yang dinyatakan oleh Azzouz et al. (1976). Korelasi empiris tersebut dinyatakan dalam rumus berikut ini.

$C_c = 1,15 (e_o - 0,35)$  untuk semua jenis tanah lempung

**B. Pembebanan Struktur Atas**

Beban dikalikan dengan beberapa faktor yang sudah ditetapkan pada SNI 1727:2020 yaitu sebagai berikut :

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
- 0,9D + 1,0W
- 1,2D + Ev + Eh + L
- 0,9D - Ev + Eh

**C. Daya Dukung Tiang Tunggal**

**1. Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang**

Perhitungan daya dukung ujung tiang ini ( $Q_p$ ) menggunakan cara Mayerhof 1976, dengan rumus sebagai berikut:

$Q_p = 9 c_u \cdot A_p$

Dimana :

$Q_p$  = Daya dukung pada ujung tiang (kN)

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

$c_u$  = kohesi tanah lempung pada ujung tiang

Nilai  $c_u$  didapatkan dari korelasi antara nilai N-SPT dengan  $c_u$  menurut Terzaghi dan Peck (1967).

**2. Perhitungan Daya Dukung Selimut Tiang**

Untuk mengidentifikasi besaran dari gesekan kulit ( $Q_s$ ) menggunakan metode  $\lambda$  dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

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

Dimana :

$p$  = keliling pada penampang tiang bor

$\Delta L$  = panjang tiang setiap lapisan tanah

$f$  = satuan perlawanan geser pada setiap kedalaman  $z$  berdasarkan peraturan American Petroleum Institute (API) 2007 rumus  $f_{av}$  dapat dinyatakan dalam rumus berikut:

$$f_{av} = 0,5(c_u \cdot \sigma_o)^{0,5}$$

$$f_{av} = 0,5(c_u)^{0,75} (\sigma_o)^{0,25}$$

Dimana :

$\sigma_o$  = Tegangan vertikal rata-rata  
 $c_u$  = Nilai kohesi pada lapisan tanah

**D. Daya Dukung Kelompok Tiang**

**1. Kelompok Tiang Aksi Individu**

Apabila jarak antara tiang dalam kelompok  $d \geq 3D$ , maka besar kapasitas daya dukung kelompok tiang adalah :

$$Q_{g(u)} = \sum Q_u = n_1 \cdot n_2 \cdot (Q_p + Q_s)$$

Dimana :

$Q_p$  = Daya dukung pada ujung tiang (kN)  
 $Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (kN)

**E. Distribusi Beban**

Untuk distribusi beban pada kelompok tiang, jika beban  $F_z$  bekerja secara eksentris atau tidak berada dititik berat tiang, maka setiap tiang menerima beban yang berbeda beda sesuai dengan rumus berikut :

$$q_i = \frac{V}{m \cdot n} \pm \frac{M_y x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y_i}{\sum y^2}$$

Dimana :

$q_i$  = beban yang dipikul oleh tiang ke-i  
 $x_i$  = jarak tiang terhadap Y  
 $y_i$  = jarak tiang terhadap X  
 $m$  = jumlah baris tiang di arah sumbu Y  
 $n$  = jumlah baris tiang di arah sumbu X  
 $V$  = beban aksial yang bekerja pada kelompok tiang  
 $M_x$  = Momen di arah sumbu Y  
 $M_y$  = Momen di arah sumbu X

**F. Penurunan Fondasi**

Menurut Vesic (1977) penurunan elastik tiang tunggal dapat dituliskan dengan rumus berikut ini :

**1. Penurunan Elastik Tiang Tunggal**

$$s = s_1 + s_2 + s_3$$

Dimana:

$s_1$  = Penurunan pada sepanjang tiang  
 $s_2$  = Penurunan disebabkan oleh beban di ujung  
 $s_3$  = Penurunan disebabkan oleh beban di sepanjang kulit

$$s_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi \cdot Q_{ws}) \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

Dimana:

$Q_{wp}$  = Beban yang diterima oleh ujung tiang  
 $Q_{ws}$  = Beban yang diterima disepanjang selimut  
 $A_p$  = Luas penampang dari fondasi tiang  
 $L$  = Panjang dari fondasi tiang  
 $E_p$  = Modulus elstisitas dari material tiang

$$s_2 = \frac{Q_{wp} \cdot C_p}{D \cdot q_p}$$

Dimana:

$Q_{wp}$  = Beban yang diterima oleh ujung tiang  
 $C_p$  = Koefisien empiris (Tabel 5)  
 $D$  = Diameter fondasi tiang  
 $q_p$  = Daya dukung ujung fondasi tiang

**Tabel 5. Harga  $C_p$**

Soil Type	Driven pile	Bore pile
Sand ( <i>dense to loose</i> )	0.02 - 0.04	0.09 - 0.18
Clay ( <i>stiff to soft</i> )	0.02 - 0.03	0.03 - 0.06
Silt ( <i>dense to loose</i> )	0.02 - 0.05	0.09 - 0.12

Sumber: "Design of foundations" by : A.S. Vesic, in NCHRB synthesis of highway practise (1977)

$$s_3 = \frac{Q_{wp} C_s}{L \cdot q_p}$$

Dimana:

$Q_{wp}$  = Beban yang diterima oleh ujung tiang  
 $L$  = Panjang dari fondasi tiang  
 $q_p$  = daya dukung ujung fondasi tiang  
 $C_s$  = konstanta empiris

$$C_s = (0,93 + 0,16 \cdot \sqrt{L/D}) \cdot C_p \text{ (Tabel 5)}$$

**2. Penurunan Elastik Kelompok Tiang**

Menurut Vesic (1969) penurunan elastic kelompok tiang dapat dituliskan menggunakan rumus berikut :

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} s$$

Dimana:

$B_g$  = Panjang terpendek dalam kelompok tiang  
 $D$  = Diameter satu tiang fondasi  
 $s$  = Penurunan elastik tiang tunggal

**3. Penurunan Konsolidasi**

Berdasarkan Das (2019) langkah-langkah perhitungan penurunan konsolidasi adalah sebagai berikut ini:

a. Pertama yaitu menghitung tegangan yang bertambah di setiap lapisan yang diakibatkan pilecap.

$$\Delta p_i = \left( \frac{Qg}{(Lg+zi)(Bg+zi)} \right)$$

Dimana:

$\Delta p_i$  = penambahan tegangan pada tengah lapisan i  
 $Qg$  = Beban yang diterima oleh kelompok tiang  
 $Lg$  = Panjang dari kelompok tiang  
 $Bg$  = Lebar kelompok tiang  
 $zi$  = jarak dari elevasi atas hingga tengah lapisan ke-i

b. Setelah melakukan penambahan tegangan pada setiap lapisan, kemudian menghitung penurunan konsolidasi di setiap lapisan.

$$\Delta s_i = \left( \frac{Cc \times H_i}{1 + e_o} \right) \log \left( \frac{P_{o(i)} + \Delta p_i}{P_{o(i)}} \right)$$

Dimana:

$\Delta s_i$  = Jumlah penurunan pada lapisan ke-i  
 $e_o$  = angka pori di lapisan ke-i

$H_i$  = tebal lapisan tanah ke-i

**G. Penulangan Fondasi**

Perhitungan tulangan yang digunakan menganut pada SNI 2847:2019 yaitu persyaratan beton bertulang untuk gedung

**1. Tulangan Borepile**

Luas tulangan utama atau longitudinal setidaknya tidak melebihi dari  $0,08 A_g$  dan tidak kurang dari  $0,01A_g$

$$A_{s_{min}} = 0,01 A_g$$

$$A_{s_{max}} = 0,08 A_g$$

**2. Tulangan Pilecap**

Dalam SNI 2847:2019 ps 13.4.2.2 perhitungan momen lentur dan gaya geser pada pilecap didasarkan pada asumsi bahwa reaksi dari masing-masing tiang fondasi terpusat pada pusat berat penampang tiang. lalu tinggi efektif pilecap adalah sebesar 300 mm.

Perhitungan  $V_c$  untuk geser dua arah menurut SNI 2847:2019 adalah sebagai berikut :

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_{c2} = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

**H. Rancangan Anggaran Biaya**

Rencana Anggaran dan Biaya adalah memastikan operasional dapat dijalankan dengan terarah, mengingat RAB dapat dimanfaatkan sebagai acuan atau pedoman dalam menjalankan kegiatan operasional.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada kondisi eksisting, pilecap dengan elevasi bagian atas , yaitu pada -6,8 m dengan tinggi pilecap 1,15 m . elevasi tersebut sebagai acuan top level dari fondasi yang akan digunakan. Perhitungan daya dukung fondasi berikut digunakan untuk kondisi tanah lempung. Berikut merupakan data asumsi design baru:

- a. Asumsi design fondasi baru pertama menggunakan boredpile diameter 1,3 m dengan kedalaman seragam yaitu pada kedalaman 60 m.
- b. Asumsi kedua yaitu menggunakan boredpile diameter 1 m dengan kedalaman seragam yaitu 70 m.

**A. Pembebanan Struktur Atas**

reaksi tumpuan terbesar berapa pada node325 pada kombinasi 1,2D + Ev + Eh + L dengan nilai sebesar **105974,55 kN**,. Node 67 sebesar **4526,97 kN**, Node 273 sebesar **9439,85 kN**, dan Node 269 sebesar **11528.92 kN**.

**B. Olah Data dan Korelasi N-SPT**

**1. Korelasi Antara Kohesi dengan N-SPT**

Setelah melkakukan korelasi antara nilai kohesi dan N-SPT didapatkan nilai yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 6. Rekapitulasi nilai Kohesi**

Lapisan	Elevasi (m)	N	$c_u$
1	1-3	0	11
2	3-16	0	11
3	16-18	0	11
4	18-20	7	39
5	20-23	28	168
6	23-27	29	171
7	27-29	40	240
8	29-35	35	209
9	35-47	22	134
10	47-51	38	225
11	51-73	24	141
12	73-74	44	204
13	74-76	35	210
14	76-80	44	264

**2. Korelasi Antara Nilai  $\gamma$  dengan N-SPT**

Setelah melkakukan korelasi antara nilai  $\gamma$  dan N-SPT didapatkan nilai yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 7. Rekapitulasi nilai  $\gamma$**

Lapisan	Elevasi (m)	N	$\gamma_{sat}$
1	1-3	0	16
2	3-16	0	16
3	16-18	0	16
4	18-20	7	18
5	20-23	28	20
6	23-27	29	21
7	27-29	40	22
8	29-35	35	22
9	35-47	22	20
10	47-51	38	22
11	51-73	24	20
12	73-74	44	22
13	74-76	35	22
14	76-80	44	22

**3. Korelasi Antara  $e_o$  dan N-SPT**

Setelah melkakukan korelasi antara nilai  $e_o$  dan N-SPT didapatkan nilai yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 8. Rekapitulasi nilai  $e_o$**

Lapisan	Elevasi (m)	N	$e_o$
1	1-3	0	0

2	3-16	0	0
3	16-18	0	0
4	18-20	7	0.8
5	20-23	28	0.58
6	23-27	29	0.58
7	27-29	40	0.54
8	29-35	35	0.56
9	35-47	22	0.61
10	47-51	38	0.55
11	51-73	24	0.61
12	73-74	44	0.56
13	74-76	35	0.56
14	76-80	44	0.53

**4. Korelasi Antara  $e_o$  dan  $C_c$**

Setelah melkakukan korelasi antara nilai  $e_o$  dan  $C_c$  didapatkan nilai yang dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 9. Rekapitulasi nilai  $C_c$**

Lapisan	Elevasi (m)	$e_o$	$C_c$
1	1-3	0	0.4
2	3-16	0	0.4
3	16-18	0	0.4
4	18-20	0.8	0.52
5	20-23	0.58	0.26
6	23-27	0.58	0.26
7	27-29	0.54	0.22
8	29-35	0.56	0.24
9	35-47	0.61	0.30
10	47-51	0.55	0.23
11	51-73	0.61	0.30
12	73-74	0.56	0.24
13	74-76	0.56	0.24
14	76-80	0.53	0.21

**C. Daya Dukung Tiang Tunggal**

Didapatkan daya dukung tiang tunggal yang diijinkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 10. Rekapitulasi Daya Dukung Tiang Tunggal**

Diameter (m)	Kedalaman (m)	$Q_p$ (kN)	$Q_s$ (kN)	$Q_{all}$ (kN)
1.3	60	1768.71	$\frac{12805.1}{3}$	4857.94
1	70	1958.79	$\frac{12014.6}{2}$	4657.80

**D. Daya Dukung Kelompok Tiang**

dari hasil perhitungan jumlah tiang, didapatkan bahwa diameter 1,3 m memerlukan jumlah tiang yang lebih sedikit daripada diameter 1 m. Jadi tiang yang akan digunakan adalah diameter 1,3 m dengan kedalaman 60 m.

tiang dibagi menjadi 3 tipe yaitu tipe 1 untuk tumpuan yang hanya di sanggah 1 boredpile, tipe 2 untuk tumpuan yang disanggah 2 boredpile, dan tipe 3 untuk tumpuan yang disanggah 3 borepile. Perhitungan daya dukung kelompok tiang dapat dilihat berikut ini:

$$Q_g(u) \text{ Tipe 3} = 43721.50/3 = 14573.83 \text{ kN}$$

$$Q_g(u) \text{ Tipe 2} = 29147.67/3 = 9715.89 \text{ kN}$$

**E. Distribusi Beban**

Berikut merupakan tabel rekapitulasi distribusi beban pada kelompok tiang tipe 2

**Tabel 11. Rekapitulasi Distribusi Beban Tipe 2**

Nodes	$F_z$ (kN)	Distribusi Tiang (kN)	Kontrol (kN)
273/ 41 (C)	9439.85	4756.11	9439.85
		4683.73	
185/ 41 (C)	9408.97	4719.53	9408.97
		4689.44	
270/ 41 (C)	8686.99	4355.68	8686.99
		4331.31	
266/ 41 (C)	8581.73	4337.85	8581.73
		4243.89	
271/ 41 (C)	8558.62	4286.08	8558.62
		4272.54	
189/ 41 (C)	8270.71	4297.25	8270.71
		3973.46	
274/ 41 (C)	8225.91	4171.12	8225.91
		4054.78	
179/ 41 (C)	8196.29	4271.85	8196.29
		3924.44	
183/ 41 (C)	7488.00	3761.81	7488.00
		3726.19	
262/ 41 (C)	7327.75	3693.15	7327.75
		3634.60	
263/ 41 (C)	7213.20	3620.99	7213.20
		3592.20	
173/ 41 (C)	6486.37	3459.87	6486.37
		3026.51	
171/ 41 (C)	6121.96	3061.94	6121.96
		3060.02	
209/ 41 (C)	5793.42	2949.36	5793.42

		2844.06	
177/ 41 (C)	5407.61	2787.34	5407.61
		2620.27	

Berikut merupakan tabel rekapitulasi distribusi beban pada kelompok tiang tipe 3

**Tabel 12. Rekapitulasi Distribusi Beban Tipe 3**

Nodes	Fz (kN)	Distribusi Tiang (kN)	Kontrol (kN)
269/ 41 (C)	11528.92	3842.72	11528.92
		3838.17	
		3848.04	
272/ 41 (C)	10757.86	3610.08	10757.86
		3561.19	
		3586.58	
620/ 41 (C)	10620.17	3724.10	10620.11
		3209.98	
		3686.03	
191/ 41 (C)	10619.72	3625.96	10619.71
		3443.31	
		3550.45	
265/ 41 (C)	9536.99	3217.32	9536.99
		3137.97	
		3181.70	

**F. Penurunan Fondasi**

**1. Penurunan Elastik Tiang Tunggal**

penurunan elastik tiang tunggal dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S_e &= S_1 + S_2 + S_3 \\
 &= 0,013 + 0,031 + 0,00062 \\
 &= 0,044 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**2. Penurunan Elastik Kelompok Tiang**

Penurunan elastik kelompok tiang tipe 2 dapat dilihat pada perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned}
 S_g &= \sqrt{\frac{1,3}{1,3}} \cdot 0,044 \\
 &= 0,044 \text{ m} \\
 &= 44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penurunan elastik kelompok tiang tipe 3 dapat dilihat pada perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned}
 S_g &= \sqrt{\frac{4,693}{1,3}} \cdot 0,044 \\
 &= 0,084 \text{ m} \\
 &= 84 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**3. Penurunan Konsolidasi**

penurunan konsolidasi yang dialami oleh kelompok tiang tipe 2 adalah sebagai berikut:

$$S_g \text{ konsol} = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 + \Delta s_4 + \Delta s_5$$

$$S_g \text{ konsol} = 0.101 + 0.13 + 0.001 + 0.002 + 0.001 = 0,232 \text{ m}$$

Penurunan konsolidasi yang dialami oleh kelompok tiang tipe 3 adalah sebagai berikut:

$$S_g \text{ konsol} = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 + \Delta s_4 + \Delta s_5$$

$$S_g \text{ konsol} = 0.07 + 0,151 + 0,002 + 0,003 + 0,002 = 0,227 \text{ m}$$

**Penurunan Izin**

$$S_{ijin} = 15 + b/600$$

$$= 15 + 10000/600$$

$$= 32 \text{ cm}$$

Penurunan izin untuk kelompok tiang tipe 2

$$S_g \text{ total} = S_g \text{ elastik} + S_g \text{ konsolidasi}$$

$$= 0,276 \text{ m}$$

$$= 27,6 \text{ cm}$$

$$S_g \text{ total} < S_{ijin} = 27,6 \text{ cm} < 32 \text{ cm (Ok)}$$

Penurunan izin untuk kelompok tiang tipe 3

$$S_g \text{ total} = S_g \text{ elastik} + S_g \text{ konsolidasi}$$

$$= 0,311 \text{ m}$$

$$= 31,1 \text{ cm}$$

$$S_g \text{ total} < S_{ijin} = 31,1 \text{ cm} < 32 \text{ cm (Ok)}$$

**G. Penulangan Fondasi**

Berikut merupakan tabel rekapitulasi kebutuhan pembeesian fondasi

**Tabel 13. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan**

Penulangan	Jenis	Kebutuhan
Borepile	Tulangan utama	27S25
	Senggang	S13-75
Pilecap Tipe 1	Arah X	S25-100
	Arah Y	S25-100
Pilecap Tipe 2	Arah X	S25-100
	Arah Y	2S22-100
Pilecap Tipe 3	Arah X	S29-100
	Arah Y	S29-100
Raft	Arah X	4S32-100
	Arah Y	2S32-100

**H. Metode Pelaksanaan**

Metode Pelaksanaan fondasi *bored pile* dilaksanakan menggunakan mesin pengeboran berdiameter 1,3 meter. Setelah dilaksanakan pengeboran maka dilakukan pemasangan casing (ditanam) untuk mencegah kelongsoran, kemudian dilaksanakan pemasangan pembeesian dan pengecoran. Untuk metode pelaksanaan *pilecap* dan raft dilakukan secara *top down* dengan mengerjakan pekerjaan struktur basement 1 kemudian dilanjutkan dengan galian basement 2, *pilecap* dan raft.

**I. Rancangan Anggaran Biaya**

Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan untuk menghitung pekerjaan fondasi Apartemen Grand Shamaya Surabaya dengan AHSP Jawa Timur adalah sebesar Rp 207,411,410,195

**Tabel 14. Uraian Pekerjaan Pekerjaan Fondasi**

No	Uraian Pekerjaan
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>
1	Pembersihan <i>site</i>
2	Pembuatan pagar proyek sementara
3	Pembuatan direksii keet dan bangunan sementara
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>
1	Pengeboran lubang <i>boredpile</i>
2	Pengangkutan tanah hasil pengeboran
3	Buangan Tanah Raft dan Pilecap
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN PEMBESIAN</b>
1	Pembesian Tul Utama <i>boredpile</i> (S25)
2	Pembesian Sengkang <i>boredpile</i> (S13-75)
3	Pembesian Pile Cap (Tipe 1) S25 dan S22
4	Pembesian Pile Cap (Tipe 2) S25 dan S22
5	Pembesian Pile Cap (Tipe 3) S29
6	Pembesian Pile-Raft
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN BEKISTING</b>
1	Bekisting Pilecap
2	Bekisting Raft
<b>V</b>	<b>PEKERJAAN BETON</b>
1	Pondasi <i>boredpile</i> (D=1300 mm)
2	<i>Lean concrete</i> 5 cm
3	Pengecoran Pilecap
4	Pengecoran Raft

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan ulang fondasi Apartemen Grand Shamaya didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil perhitungan pembebanan struktur atas mengikuti peraturan pembebanan sesuai SNI-1727:2020 dan beban gempa mereferensi SNI-1726:2019 dan IBC 2012 dengan bantuan software Robot Structural Analysis 2023, didapatkan reaksi tumpuan beban aksial terbesar yaitu pada node 325 pada bagian raft sebesar 105974,55 kN. Node 67 pada Pilecap Tipe 1 sebesar 4526,97 kN, Node 273 pada Pilecap tipe 2 sebesar 9439,85 kN, dan Node 269 pada Pilecap tipe 3 sebesar 11528.92 kN
2. Dari perhitungan kapasitas daya dukung *boredpile* diambil diameter sebesar 1,3 meter dengan panjang 60

m. Daya dukung ijin yang didapat dari pembagian dengan angka kemanan sebesar (SF) = 3 yaitu didapat 4857,94 kN (Tipe1). Kapasitas daya dukung kelompok tiang Tipe 2 dan 3 masing-masing Jika dibagi dengan angka keamanan didapatkan angka sebesar 9715,89 kN dan 14573,83 kN.

3. Perhitungan penurunan terdapat penurunan elastic tiang tunggal, kelompok, dan konsolidasi. berdasarkan rumus Vesic didapatkan penurunan elastik tiang tunggal sebesar 0,044 m dan penurunan elastik kelompok tiang tipe 2 dan 3 masing-masing adalah sebesar 0,044 m dan 0,084 m. untuk penurunan total kelompok tiang tipe 2 dan 3 masing-masing adalah 0,276 m dan 0,311 m. Penurunan raft hasil analisis menggunakan software SAFE 2016 didapatkan sebesar 0,1425 m
4. Metode Pelaksanaan fondasi *bored pile* dilaksanakan menggunakan mesin pengeboran berdiameter 1,3 meter. Setelah dilaksanakan pengeboran maka dilakukan pemasangan casing (ditanam) untuk mencegah kelongsoran, kemudian dilaksanakan pemasangan pembesian dan pengecoran. Untuk metode pelaksanaan *pilecap* dan raft dilakukan secara *top down* dengan mengerjakan pekerjaan struktur basement 1 kemudian dilanjutkan dengan galian basement 2, *pilecap* dan raft.
5. Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan untuk menghitung pekerjaan fondasi Apartemen Grand Shamaya Surabaya dengan HSPK Jawa Timur dan PPN 11% adalah sebesar Rp 207.971.600.480.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ameratunga, Jay., Sivakugan, Nagaratnam., Das, B.M., (2016) *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. Springer. India.
- [2] Das, B.M., 1994, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- [3] Das, Braja M. 2019. *Principles Of Foundation Engineering Ninth Edition*. : Cengage Learning
- [4] Dirgananta, m. f. (2018). perencanaan ulang fondasi tiang pancang dengan variasi diameter menggunakan metode meyerhoff, aoki & de alencar, dan luciano decourt (redesign pile foundation with dimentional variation using meyerhoff, aoki & de alencar, and luciano decourt method).
- [5] Hakim, D. L. (2019). *Ensiklopedi Jenis Tanah di Dunia*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- [6] Karlinsari, Rinda. (2020). *Analysis of Lateral Deformation of Mini Pile Araound The Vacuum Consolidation Area*
- [7] Kurniawan, R. I., Ridwan, A., Winarto, S., & Candra, A. I. (2019). Perencanaan Fondasi Tiang (Studi Kasus Hotel



Merdeka Tulungagung). *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 2(1), 144-153.

[8] Lilis, L. (2021). *Analisa Kekuatan Fondasi Eksisting dan Fondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Hotel Santika* (Doctoral dissertation, Universitas Internasional Batam).

[9] Panjamani, Anbazhagan., Alarifi, Nassir., dan Uday, Anjali. (2017). *Soil Void Ratio Correlation With Shear Wave Velocities and SPT N Values for Indo-Gangetic basin*.

[10] Tanjung, D., Sarifah, J., & Rumi, K. S. (2019). Analisis Daya Dukung Fondasi Bored Pile Tunggal Pada Proyek Underpass Katamso Jalan Jenderal Besar AH Nasution Medan–Sumatera Utara. *Buletin Utama Teknik*, 15(1), 14-19.

[11] Warman, Reza Satria. (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi*. Jakarta

[12] Yunaefi, Gerard Apono. 2013. *Rekayasa fondasi 2*. Malang: Politeknik Negeri Malang