

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Dalam perencanaan pondasi ini akan dihitung menggunakan dua tipe pondasi yaitu pondasi tiang pancang dan bored pile dengan material beton bertulang. Pondasi tersebut akan digunakan untuk mendukung gedung dengan tinggi 17,15 meter yang terdiri dari 5 lantai.

Untuk menentukan kedalaman pondasi, dapat dilihat dari statigrafi pada pengeboran dan generalisasi profil lapisan tanah, tujuannya agar dapat mengetahui keadaan lapisan dan kekuatan tanah di lokasi tersebut. Perhitungan daya dukung tiang menggunakan data *standar penetrasi test*.

Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data N-SPT dengan menggunakan metode meyerhoff, 1957

Dari statigrafi tanah yang terlihat pada lokasi pengeboran, kedalaman tanah keras terletak pada kedalaman 5 meter dan mempunyai nilai N_SPT sebesar 60, meyerhoff membatasi nilai N_b sebesar 40 untuk N_b lebih besar dari 40.

Formula yang digunakan untuk menghitung daya dukung tiang bor dapat menggunakan persamaan.

$$Q_u = 400 \cdot N_b \cdot A_p + 1 \cdot N \cdot A_s$$

Dengan :

$$Q_p = 400 \cdot N_b \cdot A_p \dots\dots\dots \text{harga } N_b \leq 40 \text{ (Daya dukung ujung tiang)}$$

$$Q_s = 1 \cdot N \cdot A_s \dots\dots\dots \text{harga } N \leq 10 \text{ (Daya dukung selimut tiang)}$$

Dan untuk tiang pancang menggunakan persamaan

$$Q_u = 400 \cdot N_b \cdot A_p + 2 \cdot N \cdot A_s$$

Dengan :

$$Q_p = 400 \cdot N_b \cdot A_p \dots\dots\dots \text{harga } N_b \leq 40 \text{ (Daya dukung ujung tiang)}$$

$$Q_s = 2 \cdot N \cdot A_s \dots\dots\dots \text{harga } N \leq 10 \text{ (Daya dukung selimut tiang)}$$

4.1.1. Kapasitas Dukung Tiang Bored Pile Diameter 0,60 m

Desain rencana pada proyek gedung rumah susun

Direncanakan tiang dengan:

Jenis tanah	= Non Kohesif
Diameter	= 0,60 m
Luas penampang (A_p)	$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$ = 0,2826 m ²
Keliling tiang (p)	$= \pi \cdot D$ = 1,884 m
N_{SPT}	= 60
S_f	= 2

Daya dukung ujung tiang

$$\begin{aligned} Q_p &= 400 \cdot N_b \cdot A_p \\ &= 400 \cdot 60 \cdot 0,2826 \\ &= 4521,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut tiang

$$\begin{aligned} Q_s &= 1 \cdot N_{SPT} \cdot A_s \\ &= 1 \cdot 60 \cdot 1,884 \\ &= 113,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Nilai tahanan selimut metode statis Meyerhoff (Tiang Bored)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N	1.N	A_s (m ²)	Q_s (kN)
0 - 1	Lanau Berpasir	50	50	1,884	94,7
1 - 2	Batu Lempung	56	56	1,884	105,5
2 - 3	Batu Lempung	40	40	1,884	75,4
3 - 4	Batu Pasir Tufaan	30	30	1,884	56,5
4 - 5	Batu Pasir Tufaan	60	60	1,884	113,0
Total daya dukung selimut (Q_s)					444,6

$$A_s = (\pi \times D \times \Delta L) = 3,14 \times 0,60 \times 1 = 1,884 \text{ m}^2$$

Daya dukung tanah ultimit

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 4521,6 + 444,6 \\ &= 4966,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tiang

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= (Q_p + Q_s) / S_f \\ &= (4521,6 + 444,6) / 2 \\ &= 2483,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi bored pile diameter 0,60 m maka akan diuraikan kebutuhan pondasi pada proyek rumah susun pemerintah kota Makassar yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Jumlah tiang pada setiap kelompok bored pile diameter 0,60 m

No Joint	Type	Q_{ijin} (kN)	P_u (kN)	n	Jumlah Tiang
1	P-1	2483,10	246,2	0,10	1
2	P-1	2483,10	246,2	0,10	1
3	P-2	2483,10	2877,4	1,16	2
4	P-2	2483,10	2952,3	1,19	2
5	P-2	2483,10	2919,1	1,18	2
6	P-2.1	2483,10	2905,5	1,17	2
7	P-2	2483,10	2904,4	1,17	2
8	P-2	2483,10	2905,2	1,17	2
9	P-2.1	2483,10	2919,4	1,18	2
10	P-2	2483,10	3170,6	1,28	2
11	P-2	2483,10	3169,9	1,28	2
12	P-2.1	2483,10	2918,2	1,18	2
13	P-2	2483,10	2904,4	1,17	2
14	P-2	2483,10	2903,1	1,17	2
15	P-2.1	2483,10	2904,2	1,17	2
16	P-2	2483,10	2916,9	1,17	2
17	P-2	2483,10	2956,7	1,19	2
18	P-2	2483,10	2887,9	1,16	2
19	P-2	2483,10	1507,0	0,61	1
20	P-2	2483,10	3087,6	1,24	2
21	P-4 Sw	2483,10	5055,5	2,04	5
22	P-3	2483,10	5378,2	2,17	3
23	P-3	2483,10	5412,4	2,18	3
24	P-3	2483,10	5410,1	2,18	3

Tabel 4.2 (Lanjutan)

No Joint	Type	Q _{ijin} (kN)	P _u (kN)	n	Jumlah Tiang
25	P-3	2483,10	5412,5	2,18	3
26	P-3	2483,10	5379,1	2,17	3
27	P-3	2483,10	5170,3	2,08	3
28	P-3	2483,10	5169,3	2,08	3
29	P-3	2483,10	5378,7	2,17	3
30	P-3	2483,10	5413,4	2,18	3
31	P-3	2483,10	5411,2	2,18	3
32	P-3	2483,10	5414,3	2,18	3
33	P-3	2483,10	5380,3	2,17	3
34	P-4 Sw	2483,10	5029,8	2,03	5
35	P-2	2483,10	2768,2	1,11	2
36	P-2	2483,10	1578,9	0,64	1
37	P-2	2483,10	3004,6	1,21	2
38	P-2	2483,10	2936,3	1,18	2
39	P-2	2483,10	3015,9	1,21	2
40	P-2	2483,10	3013,4	1,21	2
41	P-2	2483,10	2930,7	1,18	2
42	P-2	2483,10	3079,1	1,24	2
43	P-2	2483,10	1568,2	0,63	1
44	P-2	2483,10	2755,9	1,11	2
45	P-4 Sw	2483,10	5024,5	2,02	5
46	P-3	2483,10	5395,2	2,17	3
47	P-3	2483,10	5426,9	2,19	3
48	P-3	2483,10	5424,3	2,18	3
49	P-3	2483,10	5426,5	2,19	3
50	P-3	2483,10	5392,4	2,17	3
51	P-3	2483,10	5168,4	2,08	3
52	P-3	2483,10	5167,4	2,08	3
53	P-3	2483,10	5391,0	2,17	3
54	P-3	2483,10	5425,7	2,19	3
55	P-3	2483,10	5423,2	2,18	3
56	P-3	2483,10	5425,9	2,19	3
57	P-3	2483,10	5390,3	2,17	3
58	P-4 Sw	2483,10	5066,3	2,04	5
59	P-2	2483,10	3094,3	1,25	2
60	P-2	2483,10	1501,2	0,60	1
61	P-2	2483,10	2860,0	1,15	2
62	P-2	2483,10	2950,9	1,19	2
63	P-2	2483,10	2921,5	1,18	2
64	P-2.1	2483,10	2908,2	1,17	2
65	P-2	2483,10	2904,4	1,17	2
66	P-2	2483,10	2908,7	1,17	2
67	P-2.1	2483,10	2920,8	1,18	2

Tabel 4.2 (Lanjutan)

No Joint	Type	Q _{ijin} (kN)	P _u (kN)	n	Jumlah Tiang
68	P-2	2483,10	3068,1	1,24	2
69	P-2	2483,10	3067,5	1,24	2
70	P-2.1	2483,10	2920,4	1,18	2
71	P-2	2483,10	2909,5	1,17	2
72	P-2	2483,10	2908,5	1,17	2
73	P-2.1	2483,10	2909,9	1,17	2
74	P-2	2483,10	2922,9	1,18	2
75	P-2	2483,10	2963,2	1,19	2
76	P-2	2483,10	2963,2	1,19	2
Jumlah			279420	112,15	182

Dan untuk menentukan jumlah kelompok tiang dan kontrol kelompok tiang terhadap beban dapat menggunakan persamaan berikut ini.

Menentukan jumlah kelompok tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{ijin}} = \frac{3068,1}{2483,10} = 1,24$$

Jumlah tiang rencana yaitu 2 tiang

Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = n = \frac{P_u}{n \times Q_{ijin}} = \frac{3068,1}{1,24 \times 2483,10} = 1$$

Kontrol kelompok tiang

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah tiang rencana} \times E_g \times Q_{ijin} > P_u \dots \text{Dijijinkan} \\ &= 2 \times 1 \times 2483,10 > 3068,1 \\ &= 4966,2 > 3068,1 \end{aligned}$$

Penulangan untuk 1 meter tiang bored pile diameter 0,6 m

Direncanakan tulangan pokok dengan:

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Berat tulangan} = 2,98 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan} &= 12 \\
 \text{Panjang besi batang} &= 11 \text{ m} \\
 \text{Kebutuhan besi} &= 12 \times 1 \\
 &= 12 \text{ m}' \\
 \text{Jumlah batang pakai} &= 12 / 11 \\
 &= 1,09 = 2 \text{ batang} \\
 \text{Berat total} &= 12 \times 2,98 \text{ kg} \\
 &= 35,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan tulangan begel (Sengkang)

$$\begin{aligned}
 \text{diameter tulangan} &= 13 \text{ mm} \\
 \text{Jarak} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Berat besi D13} &= 1,040 \text{ kg/m}' \\
 \text{Jumlah sengkang} &= L / 150 \\
 &= 1000 / 150 \\
 &= 6,67 \\
 &= 7 \text{ begel}
 \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan besi begel dengan jarak selimut beton 10 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Luas begel} &= 1,57 \text{ m} \\
 \text{Jumlah begel} &= 7 \text{ begel} \\
 \text{Kebutuhan begel} &= 1,57 \times 7 \\
 &= 10,99 \text{ m} \\
 \text{Jumlah batang} &= 10,99 / 11 \\
 &= 0,99 \\
 &= 1 \text{ batang} \\
 \text{Berat begel} &= 10,99 \times 1,040 \\
 &= 1,030 \\
 &= 11,43 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Berat total pembesian untuk 1 bored pile Ø 0,6 cm

$$\begin{aligned}
 &= \text{Berat tulangan pokok} + \text{Berat tulangan begel} \\
 &= 35,76 \text{ Kg} + 11,43 \text{ Kg} = 47,19 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

4.1.2. Kapasitas Dukung Tiang Pancang Ukuran 0,45 x 0,45 m

Desain Rencana Alternatif I

Direncanakan tiang dengan:

Jenis tanah	= Non Kohesif
Kedalaman (L)	= 5 m
Luas penampang (A_p)	= $0,45 \times 0,45 \text{ m}^2$ = $0,2025 \text{ m}^2$
N_{SPT}	= 60
N_b	= 42
S_f	= 2

Daya dukung ujung tiang

$$\begin{aligned} Q_p &= 400 \cdot N_b \cdot A_p \\ &= 400 \cdot 40 \cdot 0,2025 \\ &= 3240 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut tiang

$$\begin{aligned} Q_s &= 2 \cdot N_{\text{SPT}} \cdot A_s \\ &= 2 \cdot 60 \cdot 1,80 \\ &= 216 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Nilai tahanan selimut metode statis Meyerhoff (Tiang Pancang)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N	2.N	A_s (m^2)	Q_s (kN)
0 - 1	Lanau Berpasir	50	100	1,80	180,0
1 - 2	Batu Lempung	56	112	1,80	201,6
2 - 3	Batu Lempung	40	80	1,80	144,0
3 - 4	Batu Pasir Tufaan	30	60	1,80	108,0
4 - 5	Batu Pasir Tufaan	60	120	1,80	216,0
Total daya dukung selimut (Q_s)					849,6

$$A_s = (4 \times D \times \Delta L) = 4 \times 0,45 \times 1 = 1,80 \text{ m}^2$$

Daya dukung tanah ultimit

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 3240 + 849,6 \\ &= 4089 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tiang

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= (Q_p + Q_s) / S_f \\ &= (3240 + 849,6) / 2 \\ &= 2044,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang ukuran 0,45x0,45 m maka akan diuraikan kebutuhan pondasi pada Proyek Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar sebagai Alternatif I. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Jumlah tiang pada setiap kelompok tiang pancang 0,45x0,45 m

No Joint	Type	Q _{ijin} (kN)	P _u (kN)	n	Jumlah Tiang
1	P-1	2044,8	246,2	0,12	1
2	P-1	2044,8	246,2	0,12	1
3	P-2	2044,8	2877,4	1,41	1
4	P-2	2044,8	2952,3	1,44	2
5	P-2	2044,8	2919,1	1,43	2
6	P-2.1	2044,8	2905,5	1,42	2
7	P-2	2044,8	2904,4	1,42	2
8	P-2	2044,8	2905,2	1,42	2
9	P-2.1	2044,8	2919,4	1,43	2
10	P-2	2044,8	3170,6	1,55	2
11	P-2	2044,8	3169,9	1,55	2
12	P-2.1	2044,8	2918,2	1,43	2
13	P-2	2044,8	2904,4	1,42	2
14	P-2	2044,8	2903,1	1,42	2
15	P-2.1	2044,8	2904,2	1,42	2
16	P-2	2044,8	2916,9	1,43	2
17	P-2	2044,8	2956,7	1,45	2
18	P-2	2044,8	2887,9	1,41	2
19	P-2	2044,8	1507,0	0,74	1
20	P-2	2044,8	3087,6	1,51	2

Tabel 4.4 (Lanjutan)

No Joint	Type	Q _{ijin} (kN)	P _u (kN)	n	Jumlah Tiang
21	P-4 Sw	2044,8	5055,5	2,47	6
22	P-3	2044,8	5378,2	2,63	3
23	P-3	2044,8	5412,4	2,65	3
24	P-3	2044,8	5410,1	2,65	3
25	P-3	2044,8	5412,5	2,65	3
26	P-3	2044,8	5379,1	2,63	3
27	P-3	2044,8	5170,3	2,53	2
28	P-3	2044,8	5169,3	2,53	2
29	P-3	2044,8	5378,7	2,63	3
30	P-3	2044,8	5413,4	2,65	3
31	P-3	2044,8	5411,2	2,65	3
32	P-3	2044,8	5414,3	2,65	3
33	P-3	2044,8	5380,3	2,63	3
34	P-4 Sw	2044,8	5029,8	2,46	6
35	P-2	2044,8	2768,2	1,35	2
36	P-2	2044,8	1578,9	0,77	1
37	P-2	2044,8	3004,6	1,47	2
38	P-2	2044,8	2936,3	1,44	2
39	P-2	2044,8	3015,9	1,47	2
40	P-2	2044,8	3013,4	1,47	2
41	P-2	2044,8	2930,7	1,43	2
42	P-2	2044,8	3079,1	1,51	2
43	P-2	2044,8	1568,2	0,77	1
44	P-2	2044,8	2755,9	1,35	2
45	P-4 Sw	2044,8	5024,5	2,46	6
46	P-3	2044,8	5395,2	2,64	3
47	P-3	2044,8	5426,9	2,65	3
48	P-3	2044,8	5424,3	2,65	3
49	P-3	2044,8	5426,5	2,65	3
50	P-3	2044,8	5392,4	2,64	3
51	P-3	2044,8	5168,4	2,53	2
52	P-3	2044,8	5167,4	2,53	2
53	P-3	2044,8	5391,0	2,64	3
54	P-3	2044,8	5425,7	2,65	3
55	P-3	2044,8	5423,2	2,65	3
56	P-3	2044,8	5425,9	2,65	3
57	P-3	2044,8	5390,3	2,64	3
58	P-4 Sw	2044,8	5066,3	2,48	6
59	P-2	2044,8	3094,3	1,51	2

Tabel 4.4 (Lanjutan)

No Joint	Type	Q _{ijin} (kN)	P _u (kN)	n	Jumlah Tiang
60	P-2	2044,8	1501,2	0,73	1
61	P-2	2044,8	2860,0	1,40	1
62	P-2	2044,8	2950,9	1,44	2
63	P-2	2044,8	2921,5	1,43	2
64	P-2.1	2044,8	2908,2	1,42	2
65	P-2	2044,8	2904,4	1,42	2
66	P-2	2044,8	2908,7	1,42	2
67	P-2.1	2044,8	2920,8	1,43	2
68	P-2	2044,8	3068,1	1,50	2
69	P-2	2044,8	3067,5	1,50	2
70	P-2.1	2044,8	2920,4	1,43	2
71	P-2	2044,8	2909,5	1,42	2
72	P-2	2044,8	2908,5	1,42	2
73	P-2.1	2044,8	2909,9	1,42	2
74	P-2	2044,8	2922,9	1,43	2
75	P-2	2044,8	2963,2	1,45	2
76	P-2	2044,8	2963,2	1,45	2
Jumlah			279420	136,6	184

Dan untuk menentukan jumlah kelompok tiang dan kontrol kelompok tiang terhadap beban dapat menggunakan persamaan berikut ini.

Menentukan jumlah kelompok tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{ijin}} = \frac{2920,4}{2044,8} = 1,43$$

Jumlah tiang rencana yaitu 2 tiang

Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = n = \frac{P_u}{n \times Q_{ijin}} = \frac{2920,4}{1,43 \times 2044,8} = 1$$

Kontrol kelompok tiang

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah tiang rencana} \times E_g \times Q_{ijin} > P_u \dots \text{Dijinkan} \\ &= 2 \times 1 \times 2044,8 > 2920,4 \\ &= 4089,6 > 2920,4 \end{aligned}$$

4.1.3. Kapasitas Dukung Tiang Bored Pile Diameter 0,50 m

Desain Rencana Alternatif II

Direncanakan tiang dengan:

Jenis tanah	= Non Kohesif
Diameter	= 0,50 m
Luas penampang (A_p)	= $1/4 \cdot \pi \cdot D^2$ = 0,1963 m ²
Keliling tiang (p)	= $\pi \cdot D$ = 1,57 m
N_{SPT}	= 60
S_f	= 2

Daya dukung ujung tiang bored pile diameter 0,60 m

$$\begin{aligned} Q_p &= 400 \cdot N_b \cdot A_p \\ &= 400 \cdot 40 \cdot 0,1963 \\ &= 3140,8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut tiang

$$\begin{aligned} Q_s &= 1,0 \cdot N_{SPT} \cdot A_s \\ &= 1,0 \cdot 60 \cdot 1,57 \\ &= 94,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Nilai tahanan selimut metode statis Meyerhoff (Tiang Bored)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N	1,0.N	A_s (m ²)	Q_s (kN)
0 - 1	Lanau Berpasir	50	50	1,57	78,50
1 - 2	Batu Lempung	56	56	1,57	87,92
2 - 3	Batu Lempung	40	40	1,57	62,80
3 - 4	Batu Pasir Tufaan	30	30	1,57	47,10
4 - 5	Batu Pasir Tufaan	60	60	1,57	94,20
Total daya dukung selimut (Q_s)					370,52

$$A_s = (\pi \times D \times \Delta L) = 3,14 \times 0,50 \times 1 = 1,57 \text{ m}^2$$

Daya dukung tanah ultimit

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 3140,8 + 370,52 \\ &= 3511,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tiang

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= (Q_p + Q_s) / S_f \\ &= (3140,8 + 370,52) / 2 \\ &= 1755,66 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang bored pile diameter 0,50 meter maka akan diuraikan kebutuhan pondasi pada Proyek Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar sebagai Alternatif II. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Jumlah tiang pada setiap kelompok bored pile diameter 0,50 m

No Joint	Tipe	Q_{ijin} (kN)	P_u (kN)	n	Jumlah Tiang
1	P-1	1755,66	246,2	0,14	1
2	P-1	1755,66	246,2	0,14	1
3	P-2	1755,66	2877,4	1,64	2
4	P-2	1755,66	2952,3	1,68	2
5	P-2	1755,66	2919,1	1,66	2
6	P-2.1	1755,66	2905,5	1,65	2
7	P-2	1755,66	2904,4	1,65	2
8	P-2	1755,66	2905,2	1,65	2
9	P-2.1	1755,66	2919,4	1,66	2
10	P-2	1755,66	3170,6	1,81	2
11	P-2	1755,66	3169,9	1,81	2
12	P-2.1	1755,66	2918,2	1,66	2
13	P-2	1755,66	2904,4	1,65	2
14	P-2	1755,66	2903,1	1,65	2
15	P-2.1	1755,66	2904,2	1,65	2
16	P-2	1755,66	2916,9	1,66	2
17	P-2	1755,66	2956,7	1,68	2
18	P-2	1755,66	2887,9	1,64	2
19	P-2	1755,66	1507,0	0,86	1
20	P-2	1755,66	3087,6	1,76	2

Tabel 4.6 (Lanjutan)

No Joint	Tipe	Q _{ijin} (kN)	P _u (kN)	n	Jumlah Tiang
21	P-4 Sw	1755,66	5055,5	2,88	6
22	P-3	1755,66	5378,2	3,06	4
23	P-3	1755,66	5412,4	3,08	4
24	P-3	1755,66	5410,1	3,08	4
25	P-3	1755,66	5412,5	3,08	4
26	P-3	1755,66	5379,1	3,06	4
27	P-3	1755,66	5170,3	2,94	3
28	P-3	1755,66	5169,3	2,94	3
29	P-3	1755,66	5378,7	3,06	4
30	P-3	1755,66	5413,4	3,08	4
31	P-3	1755,66	5411,2	3,08	4
32	P-3	1755,66	5414,3	3,08	4
33	P-3	1755,66	5380,3	3,06	4
34	P-4 Sw	1755,66	5029,8	2,86	6
35	P-2	1755,66	2768,2	1,58	2
36	P-2	1755,66	1578,9	0,90	1
37	P-2	1755,66	3004,6	1,71	2
38	P-2	1755,66	2936,3	1,67	2
39	P-2	1755,66	3015,9	1,72	2
40	P-2	1755,66	3013,4	1,72	2
41	P-2	1755,66	2930,7	1,67	2
42	P-2	1755,66	3079,1	1,75	2
43	P-2	1755,66	1568,2	0,89	1
44	P-2	1755,66	2755,9	1,57	2
45	P-4 Sw	1755,66	5024,5	2,86	6
46	P-3	1755,66	5395,2	3,07	4
47	P-3	1755,66	5426,9	3,09	4
48	P-3	1755,66	5424,3	3,09	4
49	P-3	1755,66	5426,5	3,09	4
50	P-3	1755,66	5392,4	3,07	4
51	P-3	1755,66	5168,4	2,94	3
52	P-3	1755,66	5167,4	2,94	3
53	P-3	1755,66	5391,0	3,07	4
54	P-3	1755,66	5425,7	3,09	4
55	P-3	1755,66	5423,2	3,09	4
56	P-3	1755,66	5425,9	3,09	4
57	P-3	1755,66	5390,3	3,07	4
58	P-4 Sw	1755,66	5066,3	2,89	6
59	P-2	1755,66	3094,3	1,76	2

Tabel 4.6. (Lanjutan)

No Joint	Tipe	Q _{ijin} (kN)	P _u (kN)	n	Jumlah Tiang
60	P-2	1755,66	1501,2	0,86	1
61	P-2	1755,66	2860,0	1,63	2
62	P-2	1755,66	2950,9	1,68	2
63	P-2	1755,66	2921,5	1,66	2
64	P-2.1	1755,66	2908,2	1,66	2
65	P-2	1755,66	2904,4	1,65	2
66	P-2	1755,66	2908,7	1,66	2
67	P-2.1	1755,66	2920,8	1,66	2
68	P-2	1755,66	3068,1	1,75	2
69	P-2	1755,66	3067,5	1,75	2
70	P-2.1	1755,66	2920,4	1,66	2
71	P-2	1755,66	2909,5	1,66	2
72	P-2	1755,66	2908,5	1,66	2
73	P-2.1	1755,66	2909,9	1,66	2
74	P-2	1755,66	2922,9	1,66	2
75	P-2	1755,66	2963,2	1,69	2
76	P-2	1755,66	2963,2	1,69	2
Jumlah			279420	159,2	206

Dan untuk menentukan jumlah kelompok tiang dan kontrol kelompok tiang terhadap beban dapat menggunakan persamaan berikut ini.

Menentukan jumlah kelompok tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{ijin}} = \frac{2909,9}{1755,66} = 1,66$$

Jumlah tiang rencana yaitu 2 tiang

Efisiensi kelompok tiang

$$E_g = n = \frac{P_u}{n \times Q_{ijin}} = \frac{2909,9}{1,66 \times 1755,66} = 1$$

Kontrol kelompok tiang

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah tiang rencana} \times E_g \times Q_{ijin} > P_u \dots \text{Dijinkan} \\ &= 2 \times 1 \times 1755,66 > 2909,9 \\ &= 3511,32 > 2909,9 \end{aligned}$$

4.1.4. Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan kelompok pondasi tiang pancang dan bored pile maka dapat disimpulkan jumlah tiang yang digunakan pada masing-masing Alternatif.

Tabel 4.7 Matrikulasi perbandingan jumlah tiang pondasi yang digunakan

No	Tipe	Jenis Tiang	Jumlah Tiang
1	Pondasi Existing	Bored Pile 0,60 m	182
2	Alternatif I	Tiang Pancang 0,45x0,45 m	184
3	Alternatif II	Bored Pile 0,50 m	206

4.1.5. Metode Pelaksanaan

Berdasarkan metode pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang dan bored pile terdapat beberapa perbedaan, di antaranya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Matrikulasi perbandingan metode pelaksanaan pondasi

No	Metode Pelaksanaan	Pondasi Existing	Alternatif I	Alternatif II
1	Pembersihan Lapangan	Ada	Ada	Ada
2	Menentukan Titik Pondasi	Ada	Ada	Ada
3	Mobilisasi Alat	Ada	Ada	Ada
5	Menempatkan dan Mengatur Mesin Pancang Dan Mesin Bor	Ada	Ada	Ada
6	Proses Pembesian	Ada	Tidak ada	Ada
7	Penyambungan Tiang	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
8	Penyambungan Tulangan Tiang	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
9	Mengamati Sudut Kemiringan Tiang Menggunakan Alat Waterpass	Ada	Ada	Ada
10	Merencanakan Urutan Pemancangan dan Pengeboran	Ada	Ada	Ada
11	Menghentikan Pekerjaan Pemancangan dan Pengeboran jika Mencapai Tanah Keras	Ada	Ada	Ada
12	Proses Pemancangan	Tidak ada	Ada	Tidak ada
13	Proses Pemboran	Ada	Tidak ada	Ada
14	Proses Pengecoran Tiang	Ada	Tidak ada	Ada
15	Quality Control	Ada	Ada	Ada

4.1.6. Waktu Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan proyek pembangunan, waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi sangat dibutuhkan agar waktu pekerjaan dapat diperkirakan. Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi

No	Jenis Pelaksanaan	Waktu Pelaksanaan		
		Pondasi Existing (hari)	Alternatif I (hari)	Alternatif II (hari)
1	Pengadaan	-	20	-
2	Pemancangan	-	15	-
3	Pengeboran dan Pengecoran	14	-	12
4	Umur Beton	28	-	28
Total		42	35	40

4.1.7. Biaya Pelaksanaan

Pada bagian ini biaya pelaksanaan diambil dari rincian anggaran biaya pada Proyek Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar. Adapun yang akan diuraikan pada bagian ini adalah pekerjaan persiapan, pekerjaan bored pile diameter 0,60 m, tiang pancang ukuran 0,45 x 0,45 m, dan bored pile diameter 0,50 m.

a. Pekerjaan pondasi bored pile diameter 0,60 m

Ada beberapa uraian perhitungan yang digunakan dalam menentukan biaya pada pondasi bored pile diameter 0,60 m, tahap pertama yaitu tahap perhitungan biaya pada pekerjaan persiapan pondasi, yang akan diuraikan pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Biaya pekerjaan persiapan bored pile diameter 0,60 m

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Alat Bantu					
1	Pacul	Oh	0,050	35.000,00	1.750,00
2	Sabit	Oh	0,025	15.000,00	375,00
				Jumlah	2.125,00

Bersambung.

Tabel 4.10 (Lanjutan)

B Upah Pekerja					
1	Tk. Galih Tanah	Oh	0,160	101.500,00	16.240,00
2	Mandor	Oh	0,008	130.000,00	1.040,00
				Jumlah	17.180,00
				Jumlah a+b+c	19.305,00
				Profit 10 %	1.930,50
				Total	21.235,50
				Pembulatan	22.000,00

Setelah dilakukan perhitungan biaya pekerjaan persiapan pada pondasi bored pile diameter 0,60 maka dapat dilanjutkan pada perhitungan biaya item pekerjaan pengeboran, uraian pekerjaan pengeboran akan disajikan pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Biaya pekerjaan pengeboran bored pile diameter 0,60/m'

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Alat Bantu					
1	Crawler Crane	Jam	0,130	190.000,00	24.700,00
2	Mesin Bor	Jam	0,130	160.000,00	20.800,00
				Jumlah	45.500,00
B Upah Pasang					
1	Tk. Galih Tanah	Oh	0,160	101.500,00	16.240,00
2	Mandor	Oh	0,008	130.000,00	1.040,00
3	Operator	Oh	0,008	217.000,00	1.736,00
				Jumlah	19.016,00
C Lain-Lain					
1	Oli+Solar	Ls	1,000	13.000,00	13.000,00
2	Alat Bantu	Ls	1,000	11.000,00	11.000,00
				Jumlah	24.000,00
				Jumlah a+b+c	88.516,00
				Profit 10 %	8.851,60
				Total	97.367,60
				Pembulatan	98.000,00

Setelah dilakukan perhitungan biaya pengeboran pada pondasi bored pile, maka akan dilanjutkan dengan perhitungan besarnya biaya pekerjaan dan kebutuhan material beton yang digunakan, yang dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Biaya pekerjaan beton bored pile diameter 0,60/m'

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Bahan					
1	Beton Ready Mix, K-300	m ³	0,2826	850.000,00	240.210,00
Jumlah					240.210,00
B Upah Pasang					
1	Tukang Batu	Oh	0,425	108.750,00	46.218,75
2	Mandor	Oh	0,021	135.500,00	2.845,50
Jumlah					49.064,25
C Lain-Lain					
1	Alat Bantu, Pipa Tremi	Is	1,000	15.000,00	15.000,00
Jumlah					15.000,00
Jumlah a+b+c					304.274,25
Profit 10 %					30.427,43
Total					334.701,68
Pembulatan					335.000,00

Ada beberapa hal yang membedakan dari jenis biaya pondasi bored pile dan tiang pancang salah satu diantaranya adalah pekerjaan pembesian pada pondasi, hal ini disebabkan dari metode kerja yang berbeda.

Tabel 4.13 Biaya pekerjaan pembesian bored pile diameter 0,60/m'

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Bahan					
1	Besi Beton	Kg	47,19	11.165,00	526.876,35
2	Kawat Beton	Kg	0,100	22.837,50	2283,70
3	Decking Beton	Is	1,000	5.000,00	5.000,00

Bersambung.

Tabel 4.13 (Lanjutan)

				Jumlah	534.160,05
B Upah Pasang					
1	Tukang Besi	Oh	0,040	108.750,00	4.350,00
2	Kepala Tk Besi	Oh	0,020	116.000,00	2.320,00
3	Mandor	Oh	0,010	130.500,00	1305,00
				Jumlah	7.975,00
C Lain-Lain					
1	Alat Bantu	Ls	1,000	10.000,00	10.000,00
				Jumlah	10.000,00
				Jumlah a+b+c	552.135,05
				Profit 10 %	55.213,51
				Total	607.348,56
				Pembulatan	608.000,00

Tahap selanjutnya yaitu perhitungan biaya pemotongan kepala tiang pada pondasi bored pile diameter 0,60 m yang akan digunakan , yang dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut ini.

Tabel 4.14 Biaya pekerjaan pemotongan kepala tiang bored pile diameter 0,60 m

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Alat					
1	Alat Bantu	Ls	1,000	20.000,00	20.000,00
				Jumlah	20.000,00
B Upah Pasang					
1	Tukang Besi	Oh	0,5020	108.750,00	54.592,00
2	Mandor	Oh	0,2510	130.500,00	32.755,00
				Jumlah	87.347,50
				Jumlah a+b	107.347,50
				Profit 10 %	10.734,75
				Total	118.082,25
				Pembulatan	119.000,00

Dari hasil uraian perhitungan sebelumnya maka akan dilakukan rekapitulasi dari masing-masing jenis pekerjaan yang dianalisis, total dari jumlah perhitungan merupakan besarnya biaya pada pondasi bored pile diameter 0,60 m secara keseluruhan. Hasil rekapitulasi biaya akan disajikan pada Tabel 4.15 berikut ini.

Tabel 4.15 Rekapitulasi biaya item pekerjaan pondasi bored pile diameter 0,60/m'

No	Jenis Pekerjaan	Sat	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	Bh	182	22.000,00	4.004.000,00
2	Pekerjaan Pengeboran	m'	910	98.000,00	89.180.000,00
3	Pekerjaan Beton	m'	910	335.000,00	304.850.000,00
4	Pekerjaan Pembesian	m'	910	608.000,00	554.008.000,00
5	Pemotongan Kepala Tiang	Bh	182	119.000,00	21.658.000,00
Jumlah					973.700.000,00

b. Pekerjaan Tiang Pancang Ukuran 0,45x0,45 m.

Dalam menyusun rincian anggaran biaya pada pondasi tiang pancang persegi dilakukan dengan menganalisis harga satuan barang di lokasi pembangunan proyekl, yang dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini.

Tabel 4.16 Biaya persiapan pelaksanaan pemancangan ukuran 0,45x0,45 m

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Alat Bantu					
1	Pacul	Oh	0,050	35.000,00	1.750,00
2	Sabit	Oh	0,025	15.000,00	375,00
Jumlah					2.125,00
B Upah Pekerjaan					
1	Tk. Galih Tanah	Oh	0,160	101.500,00	16.240,00
2	Mandor	Oh	0,008	130.000,00	1.040,00
Jumlah					17.180,00
Jumlah a+b+c					19.305,00
Profit 10 %					1.930,50
Total					21.235,50
Pembulatan					22.000,00

Setelah perhitungan biaya pelaksanaan pondasi tiang pancang persegi dilakukan maka akan dilanjutkan pada proses perhitungan biaya pekerjaan pada pondasi tiang pancang, pada pelaksanaan pekerjaan tiang pancang 0,45x0,45 menggunakan *Pile Driver Hummer* sebagai alat pemukul dari tiang tersebut, yang dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut ini.

Tabel 4.17 Biaya pekerjaan pondasi tiang pancang 0,45x0,45 m

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Bahan					
1	Tiang Pancang, 0,45x0,45 <i>Mutu Beton</i> : K-350 <i>Mutu Baja</i> : $f_y=4000\text{kg/cm}^2$,	m'	1,100	600.500,00	660.550,00
				Jumlah	660.550,00
B Alat					
1	Pile Driver Hummer	jam	0,251	395.850,00	99.358,00
2	Alat Bantu	Ls	1,000	20.000,00	20.000,00
				Jumlah	119.358,35
C Upah Pasang					
1	Tukang Batu	Oh	0,502	108.750,00	54.592,50
2	Mandor	Oh	0,251	130.500,00	32.755,50
3	Operator	Oh	0,251	217.500,00	54.592,50
4	Pembantu Operator	Oh	0,251	145.000,00	36.395,00
				Jumlah	178.335,50
				Jumlah a+b+c	958.243,85
				Profit 10 %	95.824,39
				Total	1.054.068,24
				Pembulatan	1.054.000,00

Tahap selanjutnya yaitu perhitungan biaya pemotongan kepala tiang pada pondasi tiang pancang ukuran 0,45x0,45 m yang akan digunakan sebagai Alternatif I pengganti pada analisis ini, uraian dari pekerjaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut ini.

Tabel 4.18 Biaya pemotongan kepala tiang pancang 0,45x0,45 m

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Alat					
1	Alat Bantu	Ls	1,000	20.000,00	20.000,00
Jumlah					20.000,00
B Upah Pasang					
1	Tukang Besi	Oh	0,5020	108.750,00	54.592,00
2	Mandor	Oh	0,2510	130.500,00	32.755,00
Jumlah					87.347,50
Jumlah a+b					107.347,50
Profit 10 %					10.734,75
Total					118.082,25
Pembulatan					119.000,00

Dari hasil perhitungan biaya pada masing-masing uraian pekerjaan pondasi tiang pancang ukuran 0,45x0,45 sebagai Alternatif I, selanjutnya dilakukan perhitungan rekapitulasi total dari jumlah uraian biaya pondasi tiang pancang. Dari hasil rekapitulasi maka akan diketahui besarnya biaya total dari harga tiang pancang ukuran 0,45x0,45. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.19 Rekapitulasi biaya pekerjaan pondasi tiang pancang 0,45x0,45 m

No	Jenis Pekerjaan	Sat	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	m ²	184	22.000,00	4.048.000,00
2	Pekerjaan Pemancangan Pekerjaan	m'	920	1.054.000,00	969.680.000,00
3	Pemotongan Kepala Tiang	Bh	184	119.000,00	21.896.000,00
Jumlah					995.624.000,00

c. Pekerjaan Tiang Bored Pile Diameter 0,50 m

Dalam penentuan biaya pondasi tiang bored pile diameter 0,50 m maka akan diuraikan perhitungan biaya berdasarkan dari jenis pekerjaan, ada beberapa uraian pekerjaan yang akan digunakan untuk menentukan biaya salah satunya yaitu biaya persiapan, yang dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

Tabel 4.20 Biaya persiapan pondasi bored pile diameter 0,50 m

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Alat Bantu					
1	Pacul	Oh	0,050	35.000,00	1.750,00
2	Sabit	Oh	0,025	15.000,00	375,00
Jumlah					2.125,00
B Upah Pekerjaan					
1	Tk. Galih Tanah	Oh	0,160	101.500,00	16.240,00
2	Mandor	Oh	0,008	130.000,00	1.040,00
Jumlah					17.180,00
Jumlah a+b+c					19.305,00
Profit 10 %					1.930,50
Total					21.235,50
Pembulatan					22.000,00

Setelah perhitungan biaya persiapan pada pondasi bored pile 0,50 maka dapat dilanjutkan pada perhitungan biaya item pekerjaan pengeboran, uraian pekerjaan pengeboran akan disajikan pada Tabel 4.21 berikut ini.

Tabel 4.21 Biaya pekerjaan pengeboran bored pile 0,50/m'

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Alat Bantu					
1	Crawler Crane	Jam	0,130	190.000,00	24.700,00
2	Mesin Bor	Jam	0,130	160.000,00	20.800,00
Jumlah					45.500,00
B Upah Pasang					
1	Tk. Galih Tanah	Oh	0,160	101.500,00	16.240,00
2	Mandor	Oh	0,008	130.000,00	1.040,00
3	Operator	Oh	0,008	217.000,00	1.736,00
Jumlah					19.016,00
C Lain-Lain					
1	Oli+Solar	Ls	1,000	13.000,00	13.000,00
2	Alat Bantu	Ls	1,000	11.000,00	11.000,00
Jumlah					24.000,00
Jumlah a+b+c					88.516,00
Profit 10 %					8.851,60
Total					97.367,60
Pembulatan					98.000,00

Setelah perhitungan biaya persiapan dan pengeboran pondasi maka akan dilanjutkan pada proses perhitungan biaya pekerjaan beton bored pile diameter 0,50 m, yang akan dijelaskan pada Tabel 4.22 berikut ini.

Tabel 4.22 Biaya pekerjaan beton bored pile diameter 0,50/m'

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Bahan					
1	Beton Ready Mix, K-300	m ³	0,19625	850.000,00	166.812,50
Jumlah					166.812,50
B Upah Pasang					
1	Tukang Batu	Oh	0,425	108.750,00	46.218,75
2	Mandor	Oh	0,021	135.500,00	2.845,50
Jumlah					49.064,25
C Lain-Lain					
1	Alat Bantu, Pipa Tremi	Is	1,000	15.000,00	15.000,00
Jumlah					15.000,00
Jumlah a+b+c					230.876,75
Profit 10 %					23.087,68
Total					253.964,43
Pembulatan					254.000,00

Tahap selanjutnya yaitu perhitungan biaya pembesian bored pile diameter 0,50 m yang akan digunakan sebagai Alternatif II, uraian perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.23 berikut ini.

Tabel 4.23 Biaya pekerjaan pembesian bored pile diameter 0,50/m'

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Bahan					
1	Besi Beton	Kg	39,32	11.165,00	439.063,63
2	Kawat Beton	Kg	0,100	22.837,50	2.283,70
3	Decking Beton	Is	1,000	5.000,00	5.000,00
Jumlah					446.347,33
B Upah Pasang					
1	Tukang Besi	Oh	0,040	108.750,00	4.350,00

Bersambung.

Tabel 4.23 (Lanjutan)

2	Kepala Tk Besi	Oh	0,020	116.000,00	2.320,00
3	Mandor	Oh	0,010	130.500,00	1.305,00
				Jumlah	7.975,00
C Lain-Lain					
1	Alat Bantu	Ls	1,000	10.000,00	10.000,00
				Jumlah	10.000,00
				Jumlah a+b+c	464.322,33
				Profit 10 %	46.432,23
				Total	510.754,56
				Pembulatan	511.000,00

Tahap selanjutnya yaitu perhitungan biaya pemotongan kepala tiang pada pondasi bored pile diameter 0,50 m, uraian dari pekerjaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.24 berikut ini.

Tabel 4.24 Biaya pekerjaan pemotongan kepala tiang bored pile diameter 0,50 m

No	Uraian Pekerjaan	Sat	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A Alat					
1	Alat Bantu	Ls	1,000	20.000,00	20.000,00
				Jumlah	20.000,00
B Upah Pasang					
1	Tukang Besi	Oh	0,5020	108.750,00	54.592,00
2	Mandor	Oh	0,2510	130.500,00	32.755,00
				Jumlah	87.347,50
				Jumlah a+b	107.347,50
				Profit 10 %	10.734,75
				Total	118.082,25
				Pembulatan	119.000,00

Dari hasil analisis biaya pada masing-masing jenis pekerjaan pondasi bored pile diameter 0,50 m, selanjutnya akan dilakukan rekapitulasi untuk menentukan besarnya biaya keseluruhan yang digunakan. Hasil dari analisis rekapitulasi pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 4.25 berikut ini.

Tabel 4.25 Rekapitulasi biaya pekerjaan pondasi bored pile diameter 0,50 m

No	Jenis Pekerjaan	Sat	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	Bh	206	22.000,00	4.532.000,00
2	Pekerjaan Pengeboran	m'	1030	98.000,00	100.940.000,00
3	Pekerjaan Beton	m'	1030	254.000,00	261.620.000,00
4	Pekerjaan Pembesian	m'	1030	511.000,00	567.530.000,00
5	Pemotongan Kepala Tiang	Bh	206	119.000,00	24.514.000,00
Jumlah					959.136.000,00

4.2. Pembahasan

Dalam menentukan pilihan suatu sistem yang akan digunakan pada suatu proyek maka dapat menganalisis tahapan-tahapan dalam pengaplikasian *Value Engineering* atau biasa disebut dengan rencana kerja rekayasa nilai (*Value Engineering Job Plan*). Tahapan-tahapan ini akan dianalisis sehingga didapatkan Alternatif yang paling efektif. Adapun tahapan-tahapan tersebut yaitu:

4.2.1. Tahap Informasi

Berdasarkan rencana kerja (*job plan*) dalam *Value Engineering*, tahap pertama yang harus dilakukan pada studi *Value Engineering* adalah mengumpulkan informasi sebanyak mungkin mengenai desain perencanaan proyek. Informasi yang dikumpulkan baik berupa data umum hingga batasan desain yang diinginkan dalam Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar. Kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi item pekerjaan berbiaya tinggi.

a. Mengumpulkan Informasi

Data proyek diperlukan untuk mendapatkan informasi dasar mengenai suatu proyek data-data proyek berisi informasi umum proyek, fungsi gedung proyek, dan batasan desain perencanaan proyek. Informasi mengenai proyek diperoleh dengan meminta langsung data proyek ke pihak kontraktor. Sedangkan untuk mendapat informasi yang tidak terdapat di data proyek, dilakukan melalui wawancara atau mengumpulkan data kepada pihak terkait.

b. Data Umum Proyek

Data proyek digunakan untuk mendapatkan informasi dasar mengenai suatu penelitian. Data tersebut diperoleh melalui teknik pengumpulan data sekunder yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar. Adapun data-data proyek tersebut, yaitu:

Data-data umum proyek:

1. Nama Proyek : Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar
2. Nilai Proyek : Rp. 16.465.934.000,00
3. Pemilik Proyek : Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
4. Pelaksana Proyek : PT. X
5. Konsultan Proyek : PT. X
6. Waktu Pelaksanaan : 365 Hari
7. Masa Perawatan : 132 Hari
7. Lokasi Proyek : Jl. Kapas (KIMA), Kel. Daya, Kec. Biringkannaya, Kota Makassar

Data-data teknis proyek:

1. Jenis Bangunan : Bangunan Gedung 5 Lantai
2. Bentang Bangunan : 74 meter
3. Lebar Bangunan : 17,150 meter
4. Lantai Bangunan : Beton Bertulang K-350
5. Pile Cap : Beton Bertulang K-350, non fly ash
6. Jenis Pondasi : Tiang Bored Pile Diameter 0,60 meter
7. Kedalaman Pondasi : 5 meter

c. Pemilihan Item Pekerjaan

Pada proses pemilihan item pekerjaan dilakukan identifikasi item pekerjaan. Identifikasi item pekerjaan ini bertujuan untuk mengetahui item pekerjaan mana yang memiliki biaya/cost yang besar agar studi rekayasa nilai dapat memberikan hasil yang optimal.

d. Identifikasi Item Pekerjaan

Tahap identifikasi item pekerjaan *Value Engineering* dilakukan dengan mengkaji biaya masing-masing item pekerjaan proyek untuk menentukan besarnya keuntungan dan kerugian penggunaan pada masing-masing Alternatif yang digunakan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.26 sedangkan untuk Rincian Anggaran Biaya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.26 Rencana anggaran biaya

No	Uraian Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan Persiapan	Rp. 239.099.003,22
2	Pekerjaan Struktur	Rp. 6.024.841.841,94
3	Pekerjaan Arsitektur	Rp. 5.527.510.289,95
4	Pekerjaan M/E	Rp. 4.674.483.811,11
Total		Rp. 16.465.934.946,22
Dibulatkan		Rp. 16.465.934.000,00

Sumber: Data Rencana Anggaran Biaya Proyek Rumah Susun Kota Makassar

Dari hasil rekapitulasi biaya proyek selanjutnya dilakukan identifikasi menggunakan metode *breakdown cost model* untuk menentukan item pekerjaan terbesar, yang dapat dilihat pada Tabel 4.27 berikut.

Tabel 4.27 Hasil *breakdown cost model* pada item pekerjaan

No	Item Pekerjaan	Biaya (harga)	%	Kumulatif (harga)	%
1	Pekerjaan Struktur	6.024.841.841,94	37	6.024.841.841,94	37
2	Pekerjaan Arsitektur	5.527.510.289,95	34	11.552.352.131,89	70
3	Pekerjaan M/E	4.674.483.811,11	28	16.226.835.943,00	99
4	Pekerjaan Persiapan	239.099.003,22	1	16.465.934.946,22	100
Total		16.465.934.946,22	100		

Dari hasil *breakdown cost model* terlihat biaya yang paling besar berada pada item pekerjaan struktur dan arsitektur, namun untuk kebutuhan penelitian dengan mempertimbangkan waktu yang tersedia maka studi *Value Engineering*,

analisis akan difokuskan pada nilai presentase paling tinggi yaitu item pekerjaan struktur. Pekerjaan struktur pada proyek pembangunan gedung ini terdiri dari beberapa bagian pekerjaan yang akan disajikan pada Tabel 4.28 berikut.

Tabel 4.28 Rincian item pekerjaan struktur

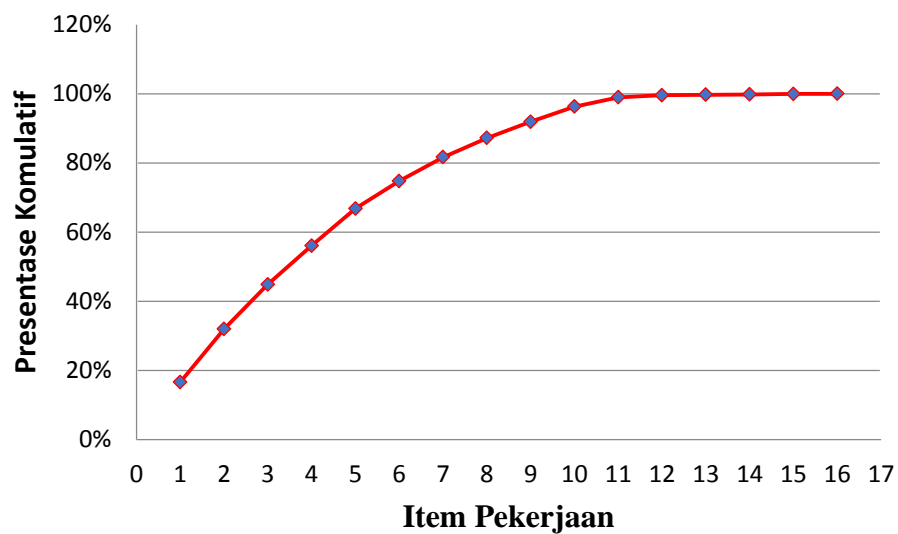
No	Uraian Pekerjaan	Biaya (Rupiah)
A	Pekerjaan Struktur	
1	Pekerjaan Pondasi Bored Pile	973.700.000
2	Pekerjaan Pile Cap	490.020.502
3	Pekerjaan Tie Beam (<i>Sloof</i>)	156.125.096
4	Pekerjaan Galian Tanah	5.588.922
5	Pekerjaan Urugan Pasir	4.710.313
6	Pekerjaan Lantai Kerja	6.084.019
7	Urugan Tanah Kembali Bekas Galian	8.194.627
8	Pekerjaan Test PDA	36.351.000
9	Pekerjaan Struktur Lantai Dasar	466.624.898
10	Pekerjaan Struktur Lantai 2	778.600.228
11	Pekerjaan Struktur Lantai 3	779.437.214
12	Pekerjaan Struktur Lantai 4	683.491.423
13	Pekerjaan Struktur Lantai 5	699.520.810
14	Pekerjaan Struktur Lantai Dak	403.033.503
15	Pekerjaan Struktur Lantai Atap	275.492.248
16	Pekerjaan Grountank	257.867.039
Total		6.024.841.842

Dari hasil item pekerjaan struktur selanjutnya dilakukan uraian biaya paling tinggi dengan identifikasi menggunakan metode *breakdown cost model*, hasil dari uraian tersebut menjadi acuan untuk identifikasi pareto, yang dapat dilihat pada Tabel 4.29 dan dilanjutkan dengan analisis diagram pareto.

Tabel 4.29 Hasil *breakdown cost model* pekerjaan struktur

No	Uraian Pekerjaan	Biaya (Rupiah)	%	Kumulatif (Rupiah)	%
A Pekerjaan Struktur					
1	Pekerjaan Pondasi Bored Pile	973.700.000	16,16	973.700.000	0,16
2	Pekerjaan Struktur Lantai 3	779.437.214	12,94	1.753.137.214	29,10
3	Pekerjaan Struktur Lantai 2	778.600.228	12,92	2.531.737.442	42,02
4	Pekerjaan Struktur Lantai 5	699.520.810	11,61	3.231.258.252	53,63
5	Pekerjaan Struktur Lantai 4	683.491.423	11,34	3.914.749.675	64,98
6	Pekerjaan Pile Cap	490.020.502	8,13	4.404.770.177	73,11
7	Pekerjaan Struktur Lantai Dasar	466.624.898	7,75	4.871.395.075	80,86
8	Pekerjaan Struktur Lantai Dak	403.033.503	6,69	5.274.428.578	87,54
9	Pekerjaan Struktur Lantai Atap	275.492.248	4,57	5.549.920.826	92,12
10	Pekerjaan Grountank	257.867.039	4,28	5.807.787.865	96,40
11	Pekerjaan Tie Beam (Sloof)	156.125.096	2,59	5.963.912.961	98,99
12	Pekerjaan Test PDA	36.351.000	0,60	6.000.263.961	99,59
13	Urugan Tanah Kembali Bekas Galian	8.194.627	0,14	6.008.458.588	99,73
14	Pekerjaan Lantai Kerja	6.084.019	0,10	6.014.542.607	99,83
15	Pekerjaan Galian Tanah	5.588.922	0,09	6.020.131.529	99,92
16	Pekerjaan Urugan Pasir	4.710.313	0,08	6.024.841.842	100
Total		6.024.841.842	100		

Dari hasil *breakdown cost model* selanjutnya akan dilanjutkan dengan identifikasi hukum pareto. Hukum Pareto berbunyi 20 % dari total item pekerjaan mewakili/terletak pada 80% dari total suatu anggaran proyek, dengan kata lain akan dilakukan proses seleksi pada 20 % item pekerjaan yang memiliki potensi biaya terbesar dalam suatu proyek tersebut, dari uraian pekerjaan terlihat item pekerjaan berbiaya tinggi kemudian akan dianalisis dengan Hukum Pareto, yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1. Grafik Pareto keseluruhan pekerjaan struktur

Dari hasil analisis Pareto pada keseluruhan pekerjaan struktur diperoleh pekerjaan berbobot besar yaitu:

1. Pekerjaan Pondasi Bored Pile
2. Pekerjaan Struktur Lantai 3
3. Pekerjaan Struktur Lantai 2
4. Pekerjaan Struktur Lantai 5
5. Pekerjaan Struktur Lantai 4
6. Pekerjaan Struktur Lantai Dasar
7. Pekerjaan Pile Cap

Dengan pertimbangan dari hasil *analysis breakdown cost model* dan Diagram hasil pareto, maka pengaplikasian *Value Engineering* pada penelitian ini akan difokuskan pada pekerjaan struktur bawah (*Sub Structure*). Di mana pekerjaan pondasi pada proyek pembangunan rumah susun ini menggunakan pondasi bored pile dengan spesifikasi tiang sebagai berikut:

1. Jenis Pondasi : Bored Pile
2. Jenis tiang : Bulat
3. Diameter : 0,60 m
4. Panjang tiang : 5 m
5. Jumlah tiang : 182 buah

4.2.2. Tahap Analisis Fungsi (*Function Analysis*)

Tahap berikutnya dalam *Value Engineering* adalah tahap analisis fungsi. Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi fungsi yang terdiri dari kata kerja aktif (*active verb*) dan kata benda (*measurable noun*). Identifikasi fungsi dilakukan secara acak dan selanjutnya dikelompokkan serta diidentifikasi masing-masing jenisnya. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.30 berikut.

Tabel 4.30 Identifikasi fungsi dasar pekerjaan struktur pondasi

Pekerjaan	Kata Kerja	Kata Benda	Fungsi
Pondasi Bored Pile D60 m	Pembersihan	Lantai Kerja	Primer
	Menyalurkan	Beban	Primer
	Penulangan	Menambah Kekuatan	Primer
	Pengecoran Bored Pile	Menahan Beban	Primer

Tabel 4.31 Fungsi pendukung pekerjaan pondasi

Fungsi	Pendukung
Pelaksanaan	Mudah pemasangan
	Mudah perawatan
	Mudah pengoperasiannya
Kekuatan	Daya dukung besar
Lingkungan	Tidak menimbulkan polusi suara
	Tidak menimbulkan getaran
	Mengurangi kerusakan lapisan tanah

Berdasarkan analisis fungsi tersebut, maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam pekerjaan struktur bawah untuk pembangunan proyek gedung Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar antara lain:

a. Pemenuhan Persyaratan Beban

Pada pekerjaan struktur pondasi, hal yang harus diperhatikan berkaitan dengan beban yang bekerja di atasnya, besarnya beban yang bekerja berpengaruh pada jumlah dan besarnya pondasi yang digunakan. Efek sistem pondasi bored pile berpengaruh terhadap biaya dan efisiensi kerja pada bangunan. Pada

bangunan gedung bertingkat, sistem penggunaan pondasi bored pile harus mempertimbangkan daya dukung tanah berdasarkan data-data hasil penyelidikan di lapangan dan di Laboratorium.

b. Biaya

Pada pekerjaan pondasi bored pile ada beberapa jenis biaya yang diperlukan, jenis biaya yang harus dikeluarkan adalah biaya awal, biaya oprasional dan biaya perawatan.

1) Biaya awal

Biaya awal adalah biaya yang dikeluarkan untuk membeli atau menyewa peralatan dan pemasangan sistem pondasi bored pile.

2) Biaya Oprasional

Biaya oprasional adalah biaya yang dikeluarkan pada saat proses pelaksanaan pekerjaan bored pile dilakukan.

3) Biaya Perawatan

Biaya perawatan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk perawatan peralatan dan pondasi selama masa pekerjaan berlangsung hingga umur beton mencapai kekuatan yang ditentukan.

Dalam proses penghematan biaya pihak pemilik proyek atau owner pada umumnya menginginkan sistem pondasi dengan biaya yang optimal dan memiliki dampak terhadap lingkungan yang minimum.

4.2.3. Tahap Kreatifitas dan Inovasi

Setelah mengetahui fungsi dasar dan fungsi pendukung dari pekerjaan pondasi bored pile dan tiang pancang, tahap berikutnya adalah tahap kreatif. Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam memberikan alternatif pengganti desain awal. Beberapa alternatif dari jenis pondasi adalah sebagai berikut:

a. Pondasi Existing

Pondasi Bored Pile Diameter 0,60 m

b. Alternatif I

Pondasi Tiang Pancang Persegi Pracetak ukuran 0,45 x 0,45 m

c. Alternatif II

Pondasi Bored Pile Diameter 0,50 m

Pada proyek pembangunan gedung rumah susun ini terlihat dimensi yang cukup besar, untuk itu dibutuhkan kreatifitas dan konsep perhitungan yang tepat agar diperoleh alternatif struktur yang aman, efisien dan optimal dengan tetap memperhatikan mutu dan kualitas yang baik.

Beberapa pertimbangan dalam memberikan alternatif pengganti untuk pekerjaan pondasi adalah:

- a. Daya Dukung Pondasi
- b. Metode Pelaksanaan
- c. Waktu Pelaksanaan
- d. Biaya

4.2.4. Tahap Evaluasi

Tahap evaluasi merupakan tahap menganalisis dan mengevaluasi masing-masing alternatif yang diperoleh dari tahap kreativitas. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan potensi yang besar dan untuk mendapatkan alternatif yang paling tepat. Berdasarkan analisis maka hal-hal yang harus diperhatikan dalam penentuan alternatif pondasi ini adalah:

- a. Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi

Pada tahap ini maka akan diambil perhitungan daya dukung tiang pada masing-masing alternatif yang telah dianalisis. Adapun hasil perhitungan yang telah dianalisis sebelumnya maka didapat daya dukung dan jumlah tiang yang dapat dilihat pada Tabel 4.32 sebagai berikut.

Tabel 4.32 Kapasitas daya dukung tiang pada kedalaman 5 meter

No	Jenis Tiang	Diameter	Jumlah Tiang	Daya Dukung Ijin Satu Tiang
1	Pondasi Existing	Diameter 0,60 m	182	2483,10 kN
2	Alternatif I	Ukuran 0,45x0,45 m	184	2044,80 kN
3	Alternatif II	Diameter 0,50 m	206	1755,66 kN

b. Metode Pelaksanaan Pondasi

Berdasarkan pada metode pelaksanaan pondasi alternatif pengganti pada proyek pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar, maka dapat dianalisis perbedaan pelaksanaan pondasi bored pile dan tiang pancang. Terdapat beberapa item pekerjaan yang membedakan. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut.

Tabel 4.33 Perbandingan pelaksanaan tiang pancang dan bored pile

No	Metode Pelaksanaan	Pondasi Existing	Alternatif I	Alternatif II
1	Pembersihan Lapangan	Ada	Ada	Ada
2	Menentukan Titik Pondasi	Ada	Ada	Ada
3	Mobilisasi Alat	Ada	Ada	Ada
4	Rute alur Pengeboran/Pemancangan	Ada	Ada	Ada
5	Pemasangan Stand Pile/Casing	Ada	Ada	Ada
6	Pembuatan Drainase Dan Kolam Air	Ada	Tidak ada	Ada
7	Proses Pembesian	Ada	Tidak ada	Ada
8	Penyambungan Tiang	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
9	Penyambungan Tulangan Tiang	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
10	Mengamati Sudut Kemiringan Tiang	Ada	Ada	Ada
11	Setting Mesin	Ada	Ada	Ada
12	Proses Pemancangan	Tidak ada	Ada	Tidak ada
13	Proses Pengeboran	Ada	Tidak ada	Ada
14	Proses Pengecoran Tiang	Ada	Tidak ada	Ada
15	Quality Control	Ada	Ada	Ada

c. Waktu Pelaksanaan

Sebuah proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi yang ekonomis dalam pembangunan. Waktu

pelaksanaan berpengaruh pada besarnya biaya yang digunakan, adapun perbandingan waktu pelaksanaan dengan sistem yang berbeda pada masing-masing alternatif yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.34 dan *Time Schedule* Proyek Rumah Susun Pemerintah kota Makassar dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 4.34 Waktu pelaksanaan pondasi

No	Jenis Pelaksanaan	Waktu Pelaksanaan		
		Pondasi Existing (hari)	Alternatif I (hari)	Alternatif II (hari)
1	Pengadaan	-	20	-
2	Pemancangan	-	15	-
3	Pengeboran dan Pengecoran	14	-	12
4	Umur Beton	28	-	28
Total		42	35	40

d. Biaya Pada Masing-Masing Alternatif

Jenis pondasi juga harus mempertimbangkan besar anggaran biaya konstruksi yang direncanakan, tetapi harus tetap mengutamakan kekuatan dari pondasi tersebut agar konstruksi yang didukung oleh pondasi tetap berdiri dengan aman. Adapun analisis biaya pada masing-masing alternatif adalah:

Tabel 4.35 Analisis biaya pada masing-masing alternatif

No	Uraian	Harga Satuan (Rp)	Vol	Sat	Jumlah Harga (Rp)
A Pondasi Existing					
1	Pekerjaan Persiapan	22.000,00	182	m ²	4.004.000,00
2	Pekerjaan Pengeboran	98.000,00	910	m'	89.180.000,00
3	Pekerjaan Beton	335.000,00	910	m'	304.850.000,00
4	Pekerjaan Pembesian	608.000,00	910	m'	554.008.000,00
5	Pemotongan Kepala Tiang	119.000,00	182	Bh	21.658.000,00
Total					973.700.000,00

Bersambung.

Tabel 4.35 (Lanjutan)

B Alternatif I					
1	Pekerjaan Persiapan	22.000,00	184	m ²	4.048.000,00
2	Pekerjaan Pemancangan	1.054.000,00	920	m'	969.680.000,00
3	Pemotongan Kepala Tiang	119.000,00	184	Bh	21.896.000,00
Total					995.624.000,00
C Alternatif II					
1	Pekerjaan Persiapan	22.000,00	206	m ²	4.532.000,00
2	Pekerjaan Pengeboran	98.000,00	1030	m'	100.940.000,00
3	Pekerjaan Beton	254.000,00	1030	m'	261.620.000,00
4	Pekerjaan Pembesian	511.000,00	1030	m'	567.530.000,00
5	Pemotongan Kepala Tiang	119.000,00	206	Bh	24.514.000,00
Total					959.136.000,00

Dari hasil analisis biaya pada masing-masing alternatif, untuk memudahkan pembacaan maka akan dilakukan rekapitulasi perbandingan biaya pada masing-masing alternatif dengan besarnya presentase biaya penggunaan pondasi, yang dapat dilihat pada Tabel 4.36 berikut.

Tabel 4.36 Rekapitulasi perbandingan biaya pada masing-masing alternatif

No	Tipe	Pondasi Existing	Biaya Alternatif	Selisih	%
1	Alternatif I	973.700.000	995.624.000	21.924.000	2,3
2	Alternatif II	973.700.000	959.136.000	14.564.000	1,5

e. Analisa Keuntungan dan Kerugian

Pada tahap ini alternatif yang ada pada tahap sebelumnya akan dianalisis dengan melihat keuntungan dan kerugian yang ditimbulkan dari setiap alternatif tersebut. Dari hasil analisis yang memiliki keuntungan terbesar akan menjadi aspek pertimbangan dalam menentukan alternatif yang akan digunakan. Yang disajikan pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Analisis keuntungan dan kerugian Pondasi Existing

Pondasi Existing (Bored Pile D60 m)	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Harga relatif murah - Mobilitas alat murah - Mudah proses pelaksanaan - penggunaan alat relatif praktis dan mudah - Pengeboran tidak menimbulkan getaran - Tidak menimbulkan polusi suara 	<ul style="list-style-type: none"> - Penegeboran tergantung cuaca - Beton relatif susah untuk dikontrol - Memerlukan alat bantu casing dan tremi - Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau kerikil - Muka air tanah mempengaruhi proses pelaksanaan

Tabel 4.38 Analisis keuntungan dan kerugian Alternatif I

Alternatif I (Tiang Pancang 0,45x0,45 m)	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Harga relatif murah - Mudah proses pelaksanaan - Mutu beton mudah dikontrol - Muka air tanah tidak terlalu berpengaruh - Waktu pelaksanaan cepat 	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya mobilitas relatif mahal - Mobilitas lebih susah dioperasikan - Pemancangan pada tanah keras akan menimbulkan gelombang tanah - Menimbulkan getaran dan polusi suara - Bahan baku tiang pancang sulit didapatkan pada wilayah tertentu.

Tabel 4.39 Analisis keuntungan dan kerugian Alternatif II

Alternatif II (Bored Pile D50 m)	
Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Harga relatif murah - Mobilitas alat murah - Mudah proses pelaksanaan - penggunaan alat relatif praktis dan mudah - Pengeboran tidak menimbulkan getaran - Tidak menimbulkan polusi suara 	<ul style="list-style-type: none"> - Penegeboran tergantung cuaca - Beton relatif susah untuk dikontrol - Memerlukan alat bantu casing dan tremi - Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau kerikil - Muka air tanah mempengaruhi proses pelaksanaan - Memerlukan tenaga kerja yang lebih banyak

4.2.5. Tahap Rekomendasi

Pada tahap ini alternatif yang terpilih akan dilakukan analisis teknis dan analisis perbandingan biaya untuk menentukan alternatif yang paling memenuhi syarat dan menjadi acuan dalam mengambil keputusan. Tahapan rekomendasi dibagi atas beberapa jenis metode pertimbangan.

a Proses Pelaksanaan

Ditinjau dari segi kemudahan dalam proses pelaksana, tiang pancang dan tiang bored pile relatif sama, hanya saja mobilisasi dan demobilisasi bored pile lebih mudah karena tidak banyak menggunakan alat berat. Hal lain yang jadi pertimbangan dalam hal pelaksanaan yaitu dampak yang ditimbulkan dari proses pelaksanaan pengeboran atau pemancangan, dapat dilihat pada Tabel 4.40. Menunjukkan bahwa pelaksanaan pondasi bored pile lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pondasi tiang pancang pada lokasi padat penduduk.

Tabel 4.40 Matrikulasi keuntungan dan kekurangan proses pelaksanaan pondasi

No	Uraian	Tiang Podasi		
		Pondasi Existing	Alternatif I	Alternatif II
1	Mobilitas dan Demobilitas	Mudah	Susah	Mudah
2	Mutu Beton	Sulit Dikontrol	Baik	Sulit Dikontrol
3	Peralatan <i>Hydraulic Hammer/ Bored Pile Machine</i>	Perlu	Perlu	Perlu
4	Dampak Lingkungan	Tidak Menimbulkan Getaran	Menimbulkan Getaran dan Suara	Tidak Menimbulkan Getaran

b Kekuatan Pondasi

Dari hasil analisis kekuatan pondasi dari alternatif yang digunakan pada dimensi yang berbeda. Pondasi Existing lebih besar dari pada Alternatif I dan Alternatif II, di mana Pondasi Existing didapat sebesar 2483,10 kN, untuk Alternatif I kapasitas dukung ijin satu tiang sebesar 2044,80 kN dan Alternatif II didapat sebesar 1755,66 kN.

Tabel 4.41 Hasil analisis daya dukung pondasi

No	Tipe	Jumlah Tiang	Jenis Tiang	Daya dukung ijin satu tiang (kN)
1	Pondasi Existing	182	Bored Pile 0,60 m	2483,10 kN
2	Alternatif I	184	Tiang Pancang 0,45x0,45 m	2044,80 kN
3	Alternatif II	206	Bored Pile 0,50 m	1755,66 kN

Dari hasil analisis daya dukung ijin satu tiang pada masing-masing alternatif maka dapat dihitung besarnya kekuatan pada pondasi. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.42 berikut:

Tabel 4.42 Rekapitulasi selisih kekuatan pondasi

No	Tipe	Kapabilitas Ijin Tiang		Selisih (kN)	%
		Pondasi Existing (kN)	Alternatif (kN)		
1	Alternatif I	2483,10 kN	2044,80 kN	438,30 kN	17,7
2	Alternatif II	2483,10 kN	1755,66 kN	724,44 kN	29,2

c Biaya

Dari hasil analisis biaya pelaksanaan pondasi dari masing-masing alternatif maka dapat dihitung besarnya biaya penghematan dari jenis item pekerjaan yang dilakukan *Value Engineering*. Yang dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 Hasil analisis biaya pelaksanaan pondasi

No	Tipe	Harga Satuan (Rp)	Volume	Satuan	Jumlah Harga (Rp)
1	Pondasi Existing	1.070.000,00	910	m ³	973.700.000,00
2	Alternatif I	1.082.200,00	920	m ³	995.624.000,00
3	Alternatif II	931.200,00	1030	m ³	959.136.000,00

Dari hasil analisis biaya struktur pondasi pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar didapat hasil untuk Pondasi Existing sebesar Rp. 973.700.000, dan untuk Alternatif I sebesar Rp. 995.624.000, sedangkan untuk Alternatif II didapat biaya sebesar Rp. 959.136.000.

Tabel 4.44 Rekapitulasi hasil penghematan biaya pondasi

No	Tipe	Pondasi Existing	Biaya Alternatif	Selisih	%
1	Alternatif I	973.700.000	995.624.000	21.924.000	2,3
2	Alternatif II	973.700.000	959.136.000	14.564.000	1,5

Hasil dari rekapitulasi penghematan biaya pada masing-masing alternatif dapat disimpulkan bahwa Alternatif II memiliki nilai yang termurah dengan tingkat presentase sebesar 1,5 % dari Pondasi Existing.

d Waktu Pelaksanaan

Setelah dilakukan analisis hasil perhitungan dari data *Time Schedule* Proyek Pembangunan Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar menunjukkan bahwa pondasi tiang pancang memiliki penghematan waktu 7 hari lebih cepat dibandingkan dengan pelaksanaan Pondasi Existing dan 5 hari lebih cepat dari Alternatif II.

Tabel 4.45 Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi

No	Jenis Pelaksanaan	Waktu Pelaksanaan		
		Pondasi Existing (hari)	Alternatif I (hari)	Alternatif II (hari)
1	Pengadaan	-	20	-
2	Pemancangan	-	15	-
3	Pengeboran dan Pengecoran	14	-	12
4	Umur Beton	28	-	28
Total		42	35	40

e Rekomendasi dengan Metode Matrix

Dari analisis sebelumnya maka akan diolah dalam metode matrix untuk menentukan jenis alternatif yang paling berpotensi digunakan sebagai pondasi pada Proyek Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar berdasarkan ranking dari tahap analisis proses pelaksanaan, besarnya daya dukung pondasi, biaya, dan waktu pelaksanaan. Analisis matrix dapat dilihat pada Tabel 4.46 berikut.

Tabel 4.46 Matrix rekomendasi jenis pondasi

No	Kriteria	Jenis Pondasi		
		Pondasi Existing Rating	Alternatif I Rating	Alternatif II Rating
1	Proses Pelaksanaan	3	2	3
2	Kekuatan Pondasi	3	2	2
3	Biaya	2	1	3
4	Waktu Pelaksanaan	1	3	2
Total		9	8	10
Ranking		II	III	I

Keterangan Rating:

- 3 = Sangat bagus (*Very Good*)
- 2 = Bagus (*Good*)
- 1 = Sedang (*Fair*)

Besarnya rating dihasilkan dari pertimbangan pada masing-masing kriteria pekerjaan yang telah dianalisis.

Setelah dilakukan pengolahan matrix dari masing-masing alternatif yang digunakan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan Alternatif II dengan *Rating point* terbanyak memiliki potensi yang paling besar digunakan sebagai pondasi pada Proyek Rumah Susun Pemerintah Kota Makassar dan memiliki jumlah penghematan paling besar.