

BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1.... GAMBARAN UMUM PROYEK

Gambaran secara umum proyek Tamansari Emerald dapat dapat disampaikan sebagaimana berikut :

4.1.1..Data Umum Proyek.

Data umum pada Proyek Tamansari Emerald dapat disampaikan sebagaimana berikut :

- | | |
|-------------------------|---|
| a. Jenis Proyek | : Gedung Apartemen |
| b. Lokasi Proyek | : Jl. Emerald Mansion TX.03 Citraland
Surabaya – Jawa Timur. |
| c. Luas Tanah | : 6.699,35 m2. |
| d. Luas Bangunan | : 84.915,00 m2 |
| e. Pemilik | : PT. Wika Realty. |
| f. Konsultan Arsitektur | : URBANE |
| g. Konsultan Struktur | : Ir. Mudji Irmawan, M.S. |
| h. Konsultan MEP | : PT. Wika Gedung (Design and build). |
| i. Konsultan Lansdscape | : Sheilsflynnasia |
| j. Konsultan Pengawas | : Engineering Konsultan. |
| k. Main Kontraktor | : PT. Wika Gedung |

4.1.2..Fungsi Bangunan

Bangunan Apartemen Tamansari Emerald terdiri dari dua tower, secara detail terkait dengan Fungsi Bangunan dapat disampaikan sebagaimana berikut :

A..Fungsi Ruang Perlantai :

- | | |
|-------------------------|--|
| a. Lantai semi basement | : Area Parkir, BOA |
| b. Lantai GF | : Main Lobby dan Tenant. |
| c. Lantai P1/P2 | : Area Parkir |
| d. Lantai P3/P4 | : Area Parkir |
| e. Lantai P5/P6 | : Area Parkir |
| f. Lantai 2P7/P8 | : Area Parkir |
| g. Lantai P9/P10 | : Area Parkir |
| h. Lantai P11/P12 | : Area Parkir |
| i. Lantai P13 | : Area Parkir |
| j. Lantai 9 | : Fassung, Kolam renang, resto, Gym dll. |
| k. Lantai 10-41 | : Unit Apartemen. |
| l. Lantai roof Floor | : Atap, penempatan alat alat MEP. |
| m. Lantai LMR | |
| n. Lantai Atap LMR | |

B..Jumlah Unit

a... Tower A.

- Unit 1BR : 194 Unit.
- Unit 2BR : 32 Unit.
- Unit 3BR : 64 Unit.

b.. Tower B.

- Unit 1BR : 194 Unit.
- Unit 2BR : 32 Unit.
- Unit 3BR : 64 Unit.

4.1.3..Lingkup Pekerjaan.

Pada Pelaksanaan Kontrak yang dilaksanakan pada Proyek Tamansari Emerald meliputi Pekerjaann :

- 1.. Pekerjaan Struktur.
- 2.. Pekerjaan Arsitektur.
- 3.. Pekerjaan MEP.
- 4.. Pekerjaan Landscape.

4.2.... ANALISIS STRUKTUR

4.2.1..Data Pembebanan Struktur Raft Pondasi.

Sebagai dasar perhitungan dalam Analisis pondasi dengan bentuk raft pondasi, berikut data total gaya dalam maksimal yang diambil dari beberapa kombinasi pembebanan untuk Tower B dengan data design pembebanan sebagaimana berikut :

Tabel 4.1. Resume Gaya pada kombinasi pembebanan

TOWER B (KIRI)						
No.	OutputCase	P	Mx	My	N Pile	Bore
As	Text	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	bh	m
Tower B	IJIN D	43874.19	38.02	38.03	315	0.6
	IJIN D + L	45998.02	327.60	683.33	315	0.6
	IJIN D + 0,75L + 0,525EX	38067.73	-257.43	-582.54	315	0.6
	IJIN D + 0,75L + 0,525EX	45847.96	1075.91	308.65	315	0.6
	IJIN D + 0,75L + 0,525EY	38217.80	-1005.74	-207.87	315	0.6
	IJIN D + 0,75L + 0,525EY	41795.78	416.32	931.41	315	0.6
	IJIN D + 0,7EX	31222.07	-363.72	-756.43	315	0.6
	IJIN D + 0,7EX	41595.70	1414.06	431.84	315	0.6
	IJIN D + 0,7EY	31422.15	-1361.46	-256.86	315	0.6
	IJIN D + 0,7EY	27192.21	405.80	896.41	315	0.6
	IJIN 0,6D + 0,7EX	16618.50	-374.24	-791.42	315	0.6
	IJIN 0,6D + 0,7EX	26992.13	1403.54	396.84	315	0.6
	IJIN 0,6D + 0,7EY	16818.58	-1371.98	-291.85	315	0.6
	IJIN 0,6D + 0,7EY	36508.93	26.30	87.49	315	0.6

Sumber : Hasil analisi Konsultan Struktur.

Dari hasil analisis Konsultan Struktur diambil gaya dalam terbesar dari beberapa kombinasi pembebanan :

- a. $P_{max} = 45.998,02 \text{ ton}$
- b. $M_x = 1.414,06 \text{ ton.m'}$
- c. $M_y = 931.41 \text{ ton.m'}$
- d. Data tanah = disampaikan dalam lampiran.

Data Pembebanan tersebut melebihi gaya yang timbul “ Akibat GEMPA “ yang akan digunakan dalam perhitungan pondasi sebagaimana berikut :

- a. Kontrol ulang Design Spun Pile Ø. 80 cm dengan metode Luciano Decourt.
- b. Design spun Pile Ø. 60 cm dengan metode Luciano Decourt.
- c. Design Bore Pile Ø.80 cm dengan metode Luciano Decourt.
- d. Design Bore Pile Ø.80 dengan Metode Reese & Wright.

4.2.2..Kontrol Perhitungan Spun Pile Ø.80 cm

Pada pelaksanaan kontrol ulang design spoon pile Ø. 80 cm dengan menggunakan data yang disampaikan di atas dengan data tanah menggunakan N-SPT, berikut perhitungannya.

A.... Perhitungan.

A.1 Rumus Yang digunakan.

Luciano Decourt (1982, 1996)

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi.

Q_p = Daya dukung pada dasar pondasi

Q_s = Daya dukung akibat tekanan lateral

$$Q_p = \alpha q_p \times A_p = \alpha (N_p' \times K) \times A_p$$

Dengan koreksi nilai N-SPT dengan Formula Terzaghi dan Peck :

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

Dimana :

N_p' = Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi

= B diameter pondasi.

$$= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$$

K = Koefisien karakteristik tanah

12 t/m², untuk lempung

20 t/m², untuk lanau berlempung

25 t/m², untukk lanau berpasir

40 t/m², untuk pasir.

A_p = Luas penampang dasar tiang.

q_p = Tegangan di ujung tiang

α = Base Coefficient
 = 1,00 untuk driven pile.
 = 0,85 untuk bore pile (pada tanah jenis clay)
 = 0,60 untuk bore pile (pada intermediate soil)
 = 0,50 untuk bore pile (pada tanah jenis sands)

$$Q_s = \beta \times q_s \times A_s = \beta (\hat{N}_s/3 + 1) \times A_s$$

Dimana :

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2 .

$\hat{N}_s$ = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan Batasan
 $3 \leq N \leq 50$

A_s = Luas keliling tiang yang ditinjau (m^2)

β = Shaft coefficient
 = 1,00 untuk driven pile
 = 0,80 untuk bore pile (pada tanah jenis clay)
 = 0,65 untuk bore pile (pada intermediate soil)
 = 0,50 untuk bore pile (pada tanah jenis sands)

A.2 Contoh Perhitungan

Pada contoh perhitungan ini digunakan data N-SPT pada kedalaman 48 m dengan data N-SPT 48 m = 33.

A.2.1. Daya Dukung Pada Dasar Pondasi (Q_p)

1) Koreksi N-SPT (N').

Koreksi N-SPT dengan menggunakan Rumus Terzaghi dan Peck :

$$\begin{aligned} N' &= 15 + 0,5 (N-15) \\ &= 15 + 0,5 (33-15) \\ &= 24 \end{aligned}$$

2) Nilai Rata – Rata N-SPT

Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar

$$\begin{aligned} \hat{N}_p &= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n} \\ &= \frac{(20+22,5+24+22)}{4} \\ &= 22,13. \end{aligned}$$

3) Tegangan di ujung Tiang (q_p)

Harga tengangan diujung tiang dirumuskan :

Dimana nilai K (koefisien kateristik tanah) pada tanah lempung diambil 12 ton/m^2 .

$$\begin{aligned} q_p &= \hat{N}_p \times K \\ &= 22,13 \times 12 \\ &= 265,50 \text{ ton}/m^2 \end{aligned}$$

4) Daya Dukung Dasar Tiang

Pada perhitungan Daya Dukung tiang pada dasar pondasi dirumuskan sebagaimana berikut dimana :

$$\begin{aligned} A_p &= \text{Luas penampang dasar tiang} \\ &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,141 \times 0,80^2 \\ &= 0,503 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

α = Base Coeffisien di ambil 1,00 untuk drive pile.

$$\begin{aligned} Q_p &= \alpha q_p \times A_p = \alpha (N_p' \times K) \times A_p \\ &= 1,00 \times 265,50 \times 0,503 \\ &= 133,45 \text{ ton.} \end{aligned}$$

A.2.2. Daya Dukung Akibat Tekanan Lateral (Qs)

1) Koreksi N-SPT.

Koreksi N-SPT dengan menggunakan Rumus Terzaghi dan Peck :

$$\begin{aligned} N' &= 15 + 0,5 (N-15) \\ &= 15 + 0,5 (33-15) \\ &= 24 \end{aligned}$$

2) Nilai Rata – Rata N-SPT Sepanjang Tiang ($\bar{N}_s$)

$$\begin{aligned} \bar{N}_s &= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n} \\ &= \frac{(379)}{25} \\ &= 15,16 \end{aligned}$$

3) Tegangan Akibat Lekatan Lateral (q_s)

$\bar{N}_s$ = Harga rata-rata N-SPT sepanjang tiang yang tertanam, dengan Batasan $3 \leq N \leq 50$

$$\begin{aligned} q_s &= (\bar{N}_s/3) + 1 \\ &= (15,00/3) + 1 \\ &= 6,00 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

4) Daya Dukung Akibat Tekanan Lateral (Qs)

Pada perhitungan Daya Dukung tiang akibat tekanan lateral dirumuskan sebagaimana berikut dimana :

$$\begin{aligned} A_s &= \text{Keliling Tiang} \times \text{Panjang Tiang} \\ &= (\pi \times D) \times 48 \\ &= (3,141 \times 0,80) \times 48 \\ &= 120,64 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

β = untuk tiang pancang pada tanah lempung diambil 1,00

$$\begin{aligned} Q_s &= \beta \times q_s \times A_s \\ &= 1,00 \times 6,00 \times 120,64 \\ &= 723,82 \text{ ton} \end{aligned}$$

A.2.3. Daya Dukung Tanah Maksimum Pada Pondasi (QL).

Daya dukung tanah maksimum pada pondasi menurut Luciano Decourt (1982, 1996)

$$\begin{aligned} Q_L &= Q_p + Q_s \\ &= 133,45 + 723,82 \\ &= 857,28 \text{ ton.} \end{aligned}$$

A.2.4. Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal (Q'L).

Daya dukung ijin tiang tunggal dihitung dengan nilai keamanan (sf) adalah diambil sebesar 3.

$$\begin{aligned} Q'L &= Q_L / 3 \\ &= 857,28 / 3 \\ &= 285,76 \text{ ton.} \end{aligned}$$

B.... Resume Perhitungan Spun Pile Ø.80 cm.

Berikut disampaikan Ressum nilai kontrol perhitungan pondasi tiang dengan menggunakan Spun Pile Ø.80 sebagaimana berikut :

Tabel 4.2. Resume Perhitungan Spun Pile Ø.80 cm.

Depth (m)	N	N'	Np	K (t/m ²)	qp (t/m ²)	Ap M ₂	α	Qp (ton)	Ns'	Ns	qs (t/m ²)	As M ₂	β	Qs (ton)	QL (ton)	SF 3	Q'L (ton)
-	(N-SPT)	Koreksi N-SPT	Rata- Rata N-SPT	Koef. Tanah	(4 x 5)	Luas tiang	Base Coefficient	(6x7x8)	(3)	Rata- Rata N-SPT	(Ns/3+1)	(Luas Keliling)	Shaft Coefficient	(12x13x14)	(9+15)		(16/17)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11,00	12,00	13	14	15,00	16	17	18,00
0	0	0	0	0		0,503	1,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3	0,00
2	3	3	2,667	12	32	0,503	1,00	16,08	3	3,00	2,00	5,03	1,00	10,05	26,14	3	8,71
4	5	5	3,25	12	39	0,503	1,00	19,60	5	4,00	2,33	10,05	1,00	23,46	43,06	3	14,35
6	5	5	5	12	60	0,503	1,00	30,16	5	4,33	2,44	15,08	1,00	36,86	67,02	3	22,34
8	7	7	6,5	12	78	0,503	1,00	39,21	7	5,00	2,67	20,11	1,00	53,62	92,82	3	30,94
10	9	9	8,25	12	99	0,503	1,00	49,76	9	5,80	2,93	25,13	1,00	73,72	123,49	3	41,16
12	12	12	10,5	12	126	0,503	1,00	63,33	12	6,83	3,28	30,16	1,00	98,86	162,19	3	54,06
14	14	14	12,5	12	150	0,503	1,00	75,40	14	7,86	3,62	35,19	1,00	127,34	202,74	3	67,58
16	15	15	13,63	12	163,5	0,503	1,00	82,18	15	8,75	3,92	40,21	1,00	157,50	239,68	3	79,89
18	12	13,5	14,75	12	177	0,503	1,00	88,97	13,5	9,28	4,09	45,24	1,00	185,14	274,11	3	91,37
20	18	16,5	15,25	12	183	0,503	1,00	91,99	16,5	10,00	4,33	50,27	1,00	217,82	309,80	3	103,27
22	17	16	15,63	12	187,5	0,503	1,00	94,25	16	10,55	4,52	55,29	1,00	249,65	343,90	3	114,63
24	18	16,5	16,25	12	195	0,503	1,00	98,02	16,5	11,04	4,68	60,32	1,00	282,32	380,34	3	126,78
26	17	16	16,25	12	195	0,503	1,00	98,02	16	11,42	4,81	65,35	1,00	314,16	412,18	3	137,39
28	18	16,5	16,5	12	198	0,503	1,00	99,53	16,5	11,79	4,93	70,37	1,00	346,83	446,36	3	148,79
30	19	17	16,63	12	199,5	0,503	1,00	100,28	17	12,13	5,04	75,40	1,00	380,34	480,62	3	160,21
32	19	17	17,13	12	205,5	0,503	1,00	103,30	17	11,38	4,79	80,42	1,00	385,37	488,66	3	162,89
34	21	18	17,75	12	213	0,503	1,00	107,07	18	12,76	5,25	85,45	1,00	449,04	556,10	3	185,37
36	23	19	18,25	12	219	0,503	1,00	110,08	19	13,11	5,37	90,48	1,00	485,90	595,98	3	198,66
38	23	19	18,63	12	223,5	0,503	1,00	112,34	19	13,42	5,47	95,50	1,00	522,76	635,10	3	211,70
40	22	18,5	19,13	12	229,5	0,503	1,00	115,36	18,5	13,68	5,56	100,53	1,00	558,78	674,14	3	224,71
42	25	20	19,38	12	232,5	0,503	1,00	116,87	20	13,98	5,66	105,56	1,00	597,32	714,19	3	238,06
44	25	20	20,25	12	243	0,503	1,00	122,15	20	14,25	5,75	110,58	1,00	635,86	758,00	3	252,67
46	30	22,5	21,63	12	259,5	0,503	1,00	130,44	22,5	14,61	5,87	115,61	1,00	678,58	809,02	3	269,67
48	33	24	22,13	12	265,5	0,503	1,00	133,45	24	15,00	6,00	120,64	1,00	723,82	857,28	3	285,76
50	29	22	22,5	12	270	0,503	1,00	135,72	22	15,28	6,09	125,66	1,00	765,71	901,43	3	300,48
52	28	21,5	23	12	276	0,503	1,00	138,73	21,5	15,52	6,17	130,69	1,00	806,76	945,49	3	315,16
54	34	24,5	21,88	12	262,5	0,503	1,00	131,95	24,5	15,85	6,28	135,72	1,00	852,84	984,78	3	328,26
56	24	19,5	22,38	12	268,5	0,503	1,00	134,96	19,5	15,98	6,33	140,74	1,00	890,54	1.025,50	3	341,83
58	33	24	22,33	12	268	0,503	1,00	134,71	24	16,26	6,42	145,77	1,00	935,78	1.070,49	3	356,83
60	32	23,5	23,75	12	285	0,503	1,00	143,26	23,5	16,50	6,50	150,80	1,00	980,18	1.123,43	3	374,48

Sumber : Analisis peneliti.

4.2.3.. Perhitungan Spun Pile Ø.60 cm

Pada pelaksanaan design perhitungan spun pile Ø. 60 cm dengan menggunakan data yang disampaikan di atas dengan data tanah menggunakan N-SPT, berikut perhitungannya.

A..Perhitungan.

A.1 Rumus Yang digunakan.

Luciano Decourt (1982, 1996)

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi.

Q_p = Daya dukung pada dasar pondasi

Q_s = Daya dukung akibat tekanan lateral

$$Q_p = \alpha q_p \times A_p = \alpha (N_p' \times K) \times A_p$$

Dengan koreksi nilai N-SPT dengan Formula Terzaghi dan Peck :

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

Dimana :

N_p' = Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi

= B diameter pondasi.

$$= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$$

K = Koefisien karakteristik tanah

12 t/m², untuk lempung

20 t/m², untuk lanau berlempung

25 t/m², untukk lanau berpasir

40 t/m², untuk pasir.

A_p = Luas penampang dasar tiang.

q_p = Tegangan di ujung tiang

α = Base Coefficient

= 1,00 untuk driven pile.

= 0,85 untuk bore pile (pada tanah jenis clay)

= 0,60 untuk bore pile (pada intermediate soil)

= 0,50 untuk bore pile (pada tanah jenis sands)

$$Q_s = \beta \times q_s \times A_s = \beta (\bar{N}_s/3 + 1) \times A_s$$

Dimana :

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m².

$\bar{N}_s$ = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan Batasan

$$3 \leq N \leq 50$$

As = Luas keliling tiang yang ditinjau (m²)

β = Shaft coefficient

- = 1,00 untuk driven pile
- = 0,80 untuk bore pile (pada tanah jenis clay)
- = 0,65 untuk bore pile (pada intermediate soil)
- = 0,50 untuk bore pile (pada tanah jenis sands)

A.2 Contoh Perhitungan

Pada contoh perhitungan ini digunakan data N-SPT pada kedalaman 52 m dengan data N-SPT 48 m = 28.

A.2.1. Daya Dukung Pada Dasar Pondasi (Qp)

1) Koreksi N-SPT (N').

Koreksi N-SPT dengan menggunakan Rumus Terzaghi dan Peck :

$$\begin{aligned} N' &= 15 + 0,5 (N-15) \\ &= 15 + 0,5 (33-15) \\ &= 21,5 \end{aligned}$$

2) Nilai Rata – Rata N-SPT

Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar

$$\begin{aligned} \bar{N}_p &= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n} \\ &= \frac{(22+21,5+24,5)}{3} \\ &= 22,67 \end{aligned}$$

3) Tegangan di ujung Tiang (qp)

Harga tegangan diujung tiang dirumuskan :

Dimana nilai K (koefisien kateristik tanah) pada tanah lempung diambil 12 ton/m².

$$\begin{aligned} q_p &= \bar{N}_p \times K \\ &= 22,67 \times 12 \\ &= 272,00 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

4) Daya Dukung Dasar Tiang

Pada perhitungan Daya Dukung tiang pada dasar pondasi dirumuskan sebagaimana berikut dimana :

$$\begin{aligned} A_p &= \text{Luas penampang dasar tiang} \\ &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3.141 \times 0,60^2 \\ &= 0,28 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \text{Base Coeffisien di ambil } 1,00 \text{ untuk drive pile.} \\
 Q_p &= \alpha q_p \times A_p = \alpha (N_p' \times K) \times A_p \\
 &= 1,00 \times 272,00 \times 0,28 \\
 &= 76,91 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

A.2.2. Daya Dukung Akibat Tekanan Lateral (Qs)

1) Koreksi N-SPT.

Koreksi N-SPT dengan menggunakan Rumus Terzaghi dan Peck :

$$\begin{aligned}
 N' &= 15 + 0,5 (N-15) \\
 &= 15 + 0,5 (28-15) \\
 &= 21,5
 \end{aligned}$$

2) Nilai Rata – Rata N-SPT Sepanjang Tiang ($\bar{N}_s$)

$$\begin{aligned}
 \bar{N}_s &= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n} \\
 &= \frac{(403,5)}{26} \\
 &= 15,52
 \end{aligned}$$

3) Tegangan Akibat Lekatan Lateral (q_s)

$\bar{N}_s$ = Harga rata-rata N-SPT sepanjang tiang yang tertanam, dengan Batasan $3 \leq N \leq 50$

$$\begin{aligned}
 q_s &= (\bar{N}_s/3) + 1 \\
 &= (15,52/3) + 1 \\
 &= 6,17 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

4) Daya Dukung Akibat Tekanan Lateral (Qs)

Pada perhitungan Daya Dukung tiang akibat tekanan lateral dirumuskan sebagaimana berikut dimana :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \text{Keliling Tiang} \times \text{Panjang Tiang} \\
 &= (\pi \times D) \times 52 \\
 &= (3,141 \times 0,60) \times 52 \\
 &= 98,02 \text{ m}^2.
 \end{aligned}$$

β = untuk tiang pancang pada tanah lempung diambil 1,00

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \beta \times q_s \times A_s \\
 &= 1,00 \times 6,17 \times 98,02 \\
 &= 605,07 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

A.2.3. Daya Dukung Tanah Maksimum Pada Pondasi (QL).

Daya dukung tanah maksimum pada pondasi menurut Luciano Decourt (1982, 1996)

$$\begin{aligned}
 Q_L &= Q_p + Q_s \\
 &= 76,91 + 605,07 \\
 &= 681,91 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

A.2.4. Daya Dukung IjinTiang Tunggal (Q'L).

Daya dukung ijin tiang tunggal dihitung dengan nilai keamanan (sf) adalah diambil sebesar 3.

$$\begin{aligned} Q'L &= QL / 3 \\ &= 681,91 / 3 \\ &= 227,33 \text{ ton.} \end{aligned}$$

B.... Resume Perhitungan Spun Pile Ø.60 cm.

Berikut disampaikan Ressim perhitungan pondasi tiang dengan menggunakan Spun Pile Ø.60 sebagaimana berikut.

Tabel 4.3 Resume Perhitungan Spun Pile Ø.60 cm

Depth (m)	N	N'	Np	K (t/m2)	qp (t/m2)	Ap M2	α	Qp (ton)	Ns1	Ns	qs (t/m2)	As M2	β	Qs (ton)	QL (ton)	SF	Q'L (ton)
-	(N-SPT)	Koreksi N-SPT	Rata- Rata N-SPT	Koef. Tanah	(4 x 5)	Luas Penampang	Base Coefficient	(6x7x8)	(3)	Rata- Rata N-SPT	(Ns/3+1)	(Luas Keliling)	Shaft Coefficient	(12x13x14)	(9+15)		(16/17)
1	2	3	4	5	6,00	7	8	9	10	11,00	12,00	13	14	15,00	16	17	18,00
0	0	0	0	0		0,28	1,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	3	0,00
2	3	3	2,667	12	32,00	0,28	1,00	9,05	3	3,00	2,00	3,77	1,00	7,54	16,59	3	5,53
4	5	5	4,333	12	52,00	0,28	1,00	14,70	5	4,00	2,33	7,54	1,00	17,59	32,30	3	10,77
6	5	5	5,667	12	68,00	0,28	1,00	19,23	5	4,33	2,44	11,31	1,00	27,65	46,87	3	15,62
8	7	7	7	12	84,00	0,28	1,00	23,75	7	5,00	2,67	15,08	1,00	40,21	63,96	3	21,32
10	9	9	9,333	12	112,00	0,28	1,00	31,67	9	5,80	2,93	18,85	1,00	55,29	86,96	3	28,99
12	12	12	11,67	12	140,00	0,28	1,00	39,58	12	6,83	3,28	22,62	1,00	74,14	113,73	3	37,91
14	14	14	13,67	12	164,00	0,28	1,00	46,37	14	7,86	3,62	26,39	1,00	95,50	141,87	3	47,29
16	15	15	14,17	12	170,00	0,28	1,00	48,07	15	8,75	3,92	30,16	1,00	118,12	166,19	3	55,40
18	12	13,5	15	12	180,00	0,28	1,00	50,89	13,5	9,28	4,09	33,93	1,00	138,86	189,75	3	63,25
20	18	16,5	15,33	12	184,00	0,28	1,00	52,02	16,5	10,00	4,33	37,70	1,00	163,36	215,39	3	71,80
22	17	16	16,33	12	196,00	0,28	1,00	55,42	16	10,55	4,52	41,47	1,00	187,24	242,66	3	80,89
24	18	16,5	16,17	12	194,00	0,28	1,00	54,85	16,5	11,04	4,68	45,24	1,00	211,74	266,60	3	88,87
26	17	16	16,33	12	196,00	0,28	1,00	55,42	16	11,42	4,81	49,01	1,00	235,62	291,04	3	97,01
28	18	16,5	16,5	12	198,00	0,28	1,00	55,98	16,5	11,79	4,93	52,78	1,00	260,12	316,11	3	105,37
30	19	17	16,83	12	202,00	0,28	1,00	57,11	17	12,13	5,04	56,55	1,00	285,26	342,37	3	114,12
32	19	17	17,33	12	208,00	0,28	1,00	58,81	17	11,38	4,79	60,32	1,00	289,03	347,84	3	115,95
34	21	18	18	12	216,00	0,28	1,00	61,07	18	12,76	5,25	64,09	1,00	336,78	397,85	3	132,62
36	23	19	18,67	12	224,00	0,28	1,00	63,33	19	13,11	5,37	67,86	1,00	364,42	427,76	3	142,59
38	23	19	18,83	12	226,00	0,28	1,00	63,90	19	13,42	5,47	71,63	1,00	392,07	455,97	3	151,99
40	22	18,5	19,17	12	230,00	0,28	1,00	65,03	18,5	13,68	5,56	75,40	1,00	419,09	484,12	3	161,37
42	25	20	19,5	12	234,00	0,28	1,00	66,16	20	13,98	5,66	79,17	1,00	447,99	514,15	3	171,38
44	25	20	20,83	12	250,00	0,28	1,00	70,69	20	14,25	5,75	82,94	1,00	476,89	547,58	3	182,53
46	30	22,5	22,17	12	266,00	0,28	1,00	75,21	22,5	14,61	5,87	86,71	1,00	508,94	584,15	3	194,72
48	33	24	22,83	12	274,00	0,28	1,00	77,47	24	15,00	6,00	90,48	1,00	542,87	620,34	3	206,78
50	29	22	22,5	12	270,00	0,28	1,00	76,34	22	15,28	6,09	94,25	1,00	574,28	650,62	3	216,87
52	28	21,5	22,67	12	272,00	0,28	1,00	76,91	21,5	15,52	6,17	98,02	1,00	605,07	681,98	3	227,33
54	34	24,5	21,83	12	262,00	0,28	1,00	74,08	24,5	15,85	6,28	101,79	1,00	639,63	713,71	3	237,90
56	24	19,5	22,67	12	272,00	0,28	1,00	76,91	19,5	15,98	6,33	105,56	1,00	667,90	744,81	3	248,27
58	33	24	22,33	12	268,00	0,28	1,00	75,78	24	16,26	6,42	109,33	1,00	701,83	777,61	3	259,20
60	32	23,5	23,75	12	285,00	0,28	1,00	80,58	23,5	16,50	6,50	113,10	1,00	735,13	815,71	3	271,90

Sumber : Analisis Peneliti.

4.2.4..Perhitungan Bore Pile Ø.80 cm.

Pada pelaksanaan perhitungan Bore Pile Ø. 80 cm dengan data tanah menggunakan N-SPT, berikut perhitungannya.

A..Perhitungan.

A.1 Rumus Yang digunakan.

Luciano Decourt (1982, 1996)

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi.

Q_p = Daya dukung pada dasar pondasi

Q_s = Daya dukung akibat tekanan lateral

$$Q_p = \alpha q_p \times A_p = \alpha (N_p' \times K) \times A_p$$

Dengan koreksi nilai N-SPT dengan Formula Terzaghi dan Peck :

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

Dimana :

N_p' = Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi

= B diameter pondasi.

$$= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$$

K = Koefisien karakteristik tanah

12 t/m², untuk lempung

20 t/m², untuk lanau berlempung

25 t/m², untuk lanau berpasir

40 t/m², untuk pasir.

A_p = Luas penampang dasar tiang.

q_p = Tegangan di ujung tiang

α = Base Coefficient

= 1,00 untuk driven pile.

= 0,85 untuk bore pile (pada tanah jenis clay)

= 0,60 untuk bore pile (pada intermediate soil)

= 0,50 untuk bore pile (pada tanah jenis sands)

$$Q_s = \beta \times q_s \times A_s = \beta (\dot{N}_s/3 + 1) \times A_s$$

Dimana :

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m².

$\dot{N}_s$ = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan Batasan
 $3 \leq N \leq 50$

A_s = Luas keliling tiang yang ditinjau (m²)

β = Shaft coefficient

= 1,00 untuk driven pile

= 0,80 untuk bore pile (pada tanah jenis clay)

= 0,65 untuk bore pile (pada intermediate soil)

= 0,50 untuk bore pile (pada tanah jenis sands)

A.2 Contoh Perhitungan

Pada contoh perhitungan ini digunakan data N-SPT pada kedalaman 58 m dengan data N-SPT 58 m = 33.

A.2.1. Daya Dukung Pada Dasar Pondasi (Qp)

1) Koreksi N-SPT (N').

Koreksi N-SPT dengan menggunakan Rumus Terzaghi dan Peck :

$$\begin{aligned} N' &= 15 + 0,5 (N-15) \\ &= 15 + 0,5 (33-15) \\ &= 24 \end{aligned}$$

2) Nilai Rata – Rata N-SPT

Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar

$$\begin{aligned} \dot{N}_p &= \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n} \\ &= \frac{(19,5+24+23,5)}{3} \\ &= 22,33. \end{aligned}$$

3) Tegangan di ujung Tiang (qp)

Harga tegangan diujung tiang dirumuskan :

Dimana nilai K (koefisien kateristik tanah) pada tanah lempung diambil 12 ton/m².

$$\begin{aligned} qp &= \dot{N}_p \times K \\ &= 22,33 \times 12 \\ &= 268,00 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

4) Daya Dukung Dasar Tiang

Pada perhitungan Daya Dukung tiang pada dasar pondasi dirumuskan sebagaimana berikut dimana :

$$\begin{aligned} A_p &= \text{Luas penampang dasar tiang} \\ &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3.141 \times 0,80^2 \\ &= 0,503 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

α = Base Coeffisien di ambil 0,85 untuk bore pile.

$$\begin{aligned} Q_p &= \alpha qp \times A_p = \alpha (N_p' \times K) \times A_p \\ &= 0,85 \times 268,00 \times 0,503 \\ &= 114,50 \text{ ton.} \end{aligned}$$

A.2.2. Daya Dukung Akibat Tekanan Lateral (Qs)

1) Koreksi N-SPT.

Koreksi N-SPT dengan menggunakan Rumus Terzaghi dan Peck :

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

$$= 15 + 0,5 (33-15)$$

$$= 24$$

2) Nilai Rata – Rata N-SPT Sepanjang Tiang ($\bar{N}_s$)

$$\bar{N}_s = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$$

$$= \frac{(471,50)}{30}$$

$$= 16,26$$

3) Tegangan Akibat Lekatan Lateral (q_s)

$\bar{N}_s$ = Harga rata-rata N-SPT sepanjang tiang yang tertanam, dengan Batasan $3 \leq N \leq 50$

$$q_s = (\bar{N}_s/3) + 1$$

$$= (16,26/3) + 1$$

$$= 6,42 \text{ ton/m}^2$$

4) Daya Dukung Akibat Tekanan Lateral (Q_s)

Pada perhitungan Daya Dukung tiang akibat tekanan lateral dirumuskan sebagaimana berikut dimana :

$$A_s = \text{Keliling Tiang} \times \text{Panjang Tiang}$$

$$= (\pi \times D) \times 48$$

$$= (3,141 \times 0,80) \times 58$$

$$= 145,77 \text{ m}^2.$$

β = untuk tiang bore pile pada tanah lempung diambil 0,800

$$Q_s = \beta \times q_s \times A_s$$

$$= 0,80 \times 6,42 \times 145,77$$

$$= 748,62 \text{ ton}$$

A.2.3. Daya Dukung Tanah Maksimum Pada Pondasi (Q_L).

Daya dukung tanah maksimum pada pondasi menurut Luciano Decourt (1982, 1996)

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

$$= 114,50 + 748,62$$

$$= 863,13 \text{ ton.}$$

A.2.4. Daya Dukung IjinTiang Tunggal (Q'_L).

Daya dukung ijin tiang tunggal dihitung dengan nilai keamanan (sf) adalah diambil sebesar 3.

$$Q'_L = Q_L / 3$$

$$= 863,13 / 3$$

$$= 287,708 \text{ ton.}$$

B..Resume Perhitungan Bore Pile Ø.80 cm.

Berikut disampaikan Ressum perhitungan pondasi tiang dengan menggunakan Bore Pile Ø.80 sebagaimana berikut.

Tabel 4.4 Resume Perhitungan Bore Pile Ø.80 cm (Metode Luciano).

Depth (m)	N	N'	Np	K (t/m2)	qp (t/m2)	Ap M2	α	Qp (ton)	Ns'	Ns	qs (t/m2)	As M2	β	Qs (ton)	QL (ton)	SF 3	QL.1 Tiang (ton)
-	(N-SPT)	Koreksi N-SPT	Rata- Rata N-SPT	Koef. Tanah	(4 x 5)	Luas Penampang	Base Coefficient	(6x7x8)	(3)	Rata- Rata N-SPT	(Ns/3+1)	(Luas Keliling)	Shaft Coefficient	(12x13x14)	(9+15)		(16/17)
1	2	3	4	5	6,00	7,000	8	9	10	11,00	12,00	13	14	15,00	16	17	18,00
0	0	0	0	0		0,503	0,85	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	3	0,00
2	3	3	2,667	12	32,00	0,503	0,85	13,67	3	3,00	2,00	5,03	0,80	8,04	21,71	3	7,24
4	5	5	3,25	12	39,00	0,503	0,85	16,66	5	4,00	2,33	10,05	0,80	18,77	35,43	3	11,81
6	5	5	5	12	60,00	0,503	0,85	25,64	5	4,33	2,44	15,08	0,80	29,49	55,12	3	18,37
8	7	7	6,5	12	78,00	0,503	0,85	33,33	7	5,00	2,67	20,11	0,80	42,89	76,22	3	25,41
10	9	9	8,25	12	99,00	0,503	0,85	42,30	9	5,80	2,93	25,13	0,80	58,98	101,28	3	33,76
12	12	12	10,5	12	126,00	0,503	0,85	53,83	12	6,83	3,28	30,16	0,80	79,08	132,92	3	44,31
14	14	14	12,5	12	150,00	0,503	0,85	64,09	14	7,86	3,62	35,19	0,80	101,87	165,96	3	55,32
16	15	15	13,63	12	163,50	0,503	0,85	69,86	15	8,75	3,92	40,21	0,80	126,00	195,86	3	65,29
18	12	13,5	14,75	12	177,00	0,503	0,85	75,62	13,5	9,28	4,09	45,24	0,80	148,12	223,74	3	74,58
20	18	16,5	15,25	12	183,00	0,503	0,85	78,19	16,5	10,00	4,33	50,27	0,80	174,25	252,44	3	84,15
22	17	16	15,63	12	187,50	0,503	0,85	80,11	16	10,55	4,52	55,29	0,80	199,72	279,83	3	93,28
24	18	16,5	16,25	12	195,00	0,503	0,85	83,32	16,5	11,04	4,68	60,32	0,80	225,86	309,17	3	103,06
26	17	16	16,25	12	195,00	0,503	0,85	83,32	16	11,42	4,81	65,35	0,80	251,33	334,64	3	111,55
28	18	16,5	16,5	12	198,00	0,503	0,85	84,60	16,5	11,79	4,93	70,37	0,80	277,47	362,06	3	120,69
30	19	17	16,63	12	199,50	0,503	0,85	85,24	17	12,13	5,04	75,40	0,80	304,27	389,51	3	129,84
32	19	17	17,13	12	205,50	0,503	0,85	87,80	17	11,38	4,79	80,42	0,80	308,29	396,10	3	132,03
34	21	18	17,75	12	213,00	0,503	0,85	91,01	18	12,76	5,25	85,45	0,80	359,23	450,24	3	150,08
36	23	19	18,25	12	219,00	0,503	0,85	93,57	19	13,11	5,37	90,48	0,80	388,72	482,29	3	160,76
38	23	19	18,63	12	223,50	0,503	0,85	95,49	19	13,42	5,47	95,50	0,80	418,21	513,70	3	171,23
40	22	18,5	19,13	12	229,50	0,503	0,85	98,06	18,5	13,68	5,56	100,53	0,80	447,03	545,08	3	181,69
42	25	20	19,38	12	232,50	0,503	0,85	99,34	20	13,98	5,66	105,56	0,80	477,86	577,19	3	192,40
44	25	20	20,25	12	243,00	0,503	0,85	103,82	20	14,25	5,75	110,58	0,80	508,69	612,51	3	204,17
46	30	22,5	21,63	12	259,50	0,503	0,85	110,87	22,5	14,61	5,87	115,61	0,80	542,87	653,74	3	217,91
48	33	24	22,13	12	265,50	0,503	0,85	113,44	24	15,00	6,00	120,64	0,80	579,06	692,49	3	230,83
50	29	22	22,5	12	270,00	0,503	0,85	115,36	22	15,28	6,09	125,66	0,80	612,57	727,93	3	242,64
52	28	21,5	23	12	276,00	0,503	0,85	117,92	21,5	15,52	6,17	130,69	0,80	645,41	763,33	3	254,44
54	34	24,5	21,88	12	262,50	0,503	0,85	112,15	24,5	15,85	6,28	135,72	0,80	682,27	794,43	3	264,81
56	24	19,5	22,38	12	268,50	0,503	0,85	114,72	19,5	15,98	6,33	140,74	0,80	712,43	827,15	3	275,72
58	33	24	22,33	12	268,00	0,503	0,85	114,50	24	16,26	6,42	145,77	0,80	748,62	863,13	3	287,708
60	32	23,5	23,75	12	285,00	0,503	0,85	121,77	23,5	16,50	6,50	150,80	0,80	784,14	905,91	3	301,97

Sumber : Analisis Peneliti.

4.2.5..Perhitungan Bore Pile Ø.80 Metode Reese & Wright

Sebagai pembandingan terhadap perhitungan daya dukung bore pile dengan metode Luciano, berikut disampaikan perhitungan berdasarkan metode Reese & Wright sebagaimana berikut :

A..Perhitungan.

A.1. Rumus yang digunakan

Penggunaan Rumus untuk tanah Kohesif :

$$Q_p = q_p \times A_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$Q_s = f \times L_i \times A_s = \alpha \times C_u \times L_i \times A_s$$

Menurut Reese & Wright (1977) koefisien α untuk bore pile adalah 0,55.

Dimana :

$$Q_p = \text{Daya dukung ujung tiang (ton)}$$

$$A_p = \text{Luas penampang bore pile (m}^2\text{)}$$

$$Q_s = \text{Daya dukung akibat tekanan lateral (ton)}$$

$$A_s = \text{Keliling penampang bore pile (m)}$$

$$f = \text{Tahanan satuan skin friction (ton/m}^2\text{)}$$

$$L_i = \text{Panjang lapisan tanah (m).}$$

$$\alpha = \text{Faktor adhesi (0,55)}$$

$$C_u = \text{Koheesi tanah (ton/m}^2\text{)}$$

$$N_{spt \text{ rata2}} = \text{Rata-rata dari 10D sampai 4D dibawah ujung tiang}$$

A.2. Contoh Perhitungan.

A.2.1. Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Pada contoh perhitungan ini digunakan nilai N-SPT pada kedalaman 54 meter dengana nilai N-SPT = 34.

$$Q_p = q_p \times A_p = 9 \times C_u \times A_p$$

1) Koreksi N-SPT (N').

Koreksi N-SPT dengan menggunakan Rumus Terzaghi dan Peck :

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

$$= 15 + 0,5 (28-15)$$

$$= 21,5$$

2) Nilai Rata – Rata N-SPT

Harga rata-rata SPT disekitar 10B di atas hingga 4B di bawah dasar

$$\bar{N}_p = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$$

$$= \frac{(22,5+24+22+23,5+21,5+24,5+19,5)}{6}$$

$$= 22,33.$$

3) Nilai C_u (ton/m²)

Dalam mencari nilai C_u menggunakan tabel korelasi C_u dengan di gunakan rumus :

$$C_u = N\text{-SPT} \times \frac{2}{3} \times 10 \text{ kn/m}^2$$

$$= 22,33 \times \frac{2}{3} \times 10 \text{ kn/m}^2$$

$$= 148,90 \text{ kn/m}^2$$

$$= 14,89 \text{ ton/m}^2$$

4) Daya Dukung Dasar Tiang

Pada perhitungan Daya Dukung tiang pada dasar pondasi dirumuskan sebagaimana berikut dimana :

$$\begin{aligned} A_p &= \text{Luas penampang dasar tiang} \\ &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,141 \times 0,80^2 \\ &= 0,503 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= 9 \times C_u \times A_p \\ &= 9 \times 14,89 \times 0,503 \\ &= 67,36 \text{ ton} \end{aligned}$$

A.2.2. Daya Dukung Akibat Tekanan Lateral (Qs)

Pada contoh perhitungan ini digunakan nilai N-SPT sampai kedalaman 54 meter, di mana :

$$Q_s = f \times L_i \times A_s = \alpha \times C_u \times L_i \times A_s$$

1) Koreksi N-SPT.

Koreksi N-SPT dengan menggunakan Rumus Terzaghi dan Peck :

$$\begin{aligned} N' &= 15 + 0,5 (N-15) \\ &= 15 + 0,5 (34-15) \\ &= 24,5 \end{aligned}$$

2) Nilai Rata – Rata N-SPT.

Harga rata-rata SPT sampai ke dalaman 54 m sebesar 15,85.

3) Nilai C_u (ton/m²)

$$\begin{aligned} C_u &= N\text{-SPT} \times \frac{2}{3} \times 10 \text{ kn/m}^2 \\ &= 15,85 \times \frac{2}{3} \times 10 \text{ kn/m}^2 \\ &= 105,70 \text{ kn/m}^2 \\ &= 10,57 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

4) Daya Dukung Akibat Tekanan Lateral (Qs)

Pada perhitungan Daya Dukung tiang akibat tekanan lateral dirumuskan sebagaimana berikut dimana :

$$\begin{aligned} A_s &= \text{Keliling Tiang} \times \text{Panjang Tiang} \\ &= \pi \times D \\ &= 3,141 \times 0,80 \\ &= 2,51 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

$$\alpha = 0,55$$

$$Q_s = \alpha \times C_u \times L_i \times A_s$$

$$= 0,55 \times 10,57 \times 54 \times 2,51$$

$$= 788,83 \text{ ton}$$

A.2.3. Daya Dukung Maksima pada Bore Pile (Q_L)

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

$$= 67,36 + 788,83$$

$$= 856,19 \text{ ton.}$$

A.2.4. Daya Dukung Tiang Tunggal (Q'_L)

$$Q'_L = 856,19 / 3$$

$$= 285,40 \text{ ton}$$

B..Resume Perhitungan Bore Pile Ø.80 cm.

Tabel 4.5. Resume Perhitungan Bore Pile Ø.80 (Reese & Wright)

Depth (m)	N	N'	N _p	Cu (t/m ²)	q _p (t/m ²)	A _p (m ²)	Q _p (ton)	N _s	α	Cu (t/m ²)	q _s (t/m ²)	Li (m)	As (m)	Q _s (ton)	Q _L (ton)	SF	Q'L (ton)
-	(N-SPT)	Koreksi N-SPT	Rata2 N-SPT	Interpolasi	(9 x Cu)	Luas Penampang	(q _p x A _p)	Rata2 N-SPT	Interpolasi	(α x Cu)	Panjang Lapis	(Keliling Lingkaran)	(12x13x14)	(8+15)	Safety Faktor	(16/17)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	0	0,00	0,00	0,000	0,503	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0	2,51	0,00	0,00	3	0,00
2	3	3	2,67	1,78	16,000	0,503	8,04	3,00	0,55	2,00	1,10	2	2,51	5,53	13,57	3	4,52
4	5	5	3,25	2,17	19,500	0,503	9,80	4,00	0,55	2,67	1,47	4	2,51	14,74	24,55	3	8,18
6	5	5	4,00	2,67	24,000	0,503	12,06	4,33	0,55	2,89	1,59	6	2,51	23,96	36,02	3	12,01
8	7	7	4,83	3,22	29,000	0,503	14,58	5,00	0,55	3,33	1,83	8	2,51	36,86	51,44	3	17,15
10	9	9	6,83	4,56	41,000	0,503	20,61	5,80	0,55	3,87	2,13	10	2,51	53,45	74,06	3	24,69
12	12	12	8,67	5,78	52,000	0,503	26,14	6,83	0,55	4,56	2,51	12	2,51	75,57	101,70	3	33,90
14	14	14	10,33	6,89	62,000	0,503	31,16	7,86	0,55	5,24	2,88	14	2,51	101,37	132,53	3	44,18
16	15	15	11,75	7,83	70,500	0,503	35,44	8,75	0,55	5,83	3,21	16	2,51	129,01	164,45	3	54,82
18	12	13,5	13,33	8,89	80,000	0,503	40,21	9,28	0,55	6,19	3,40	18	2,51	153,90	194,11	3	64,70
20	18	16,5	14,50	9,67	87,000	0,503	43,73	10,00	0,55	6,67	3,67	20	2,51	184,31	228,04	3	76,01
22	17	16	15,25	10,17	91,500	0,503	45,99	10,55	0,55	7,03	3,87	22	2,51	213,80	259,79	3	86,60
24	18	16,5	15,58	10,39	93,500	0,503	47,00	11,04	0,55	7,36	4,05	24	2,51	244,21	291,20	3	97,07
26	17	16	15,83	10,56	95,000	0,503	47,75	11,42	0,55	7,62	4,19	26	2,51	273,70	321,45	3	107,15
28	18	16,5	16,42	10,94	98,500	0,503	49,51	11,79	0,55	7,86	4,32	28	2,51	304,11	353,62	3	117,87
30	19	17	16,50	11,00	99,000	0,503	49,76	12,13	0,55	8,09	4,45	30	2,51	335,44	385,20	3	128,40
32	19	17	16,83	11,22	101,000	0,503	50,77	12,44	0,55	8,29	4,56	32	2,51	366,77	417,54	3	139,18
34	21	18	17,25	11,50	103,500	0,503	52,02	12,76	0,55	8,51	4,68	34	2,51	399,95	451,97	3	150,66
36	23	19	17,75	11,83	106,500	0,503	53,53	13,11	0,55	8,74	4,81	36	2,51	434,96	488,50	3	162,83
38	23	19	18,08	12,06	108,500	0,503	54,54	13,42	0,55	8,95	4,92	38	2,51	469,98	524,52	3	174,84
40	22	18,5	18,58	12,39	111,500	0,503	56,05	13,68	0,55	9,12	5,01	40	2,51	504,08	560,13	3	186,71
42	25	20	19,08	12,72	114,500	0,503	57,55	13,98	0,55	9,32	5,12	42	2,51	540,94	598,49	3	199,50
44	25	20	19,83	13,22	119,000	0,503	59,82	14,25	0,55	9,50	5,23	44	2,51	577,80	637,62	3	212,54
46	30	22,5	20,67	13,78	124,000	0,503	62,33	14,61	0,55	9,74	5,36	46	2,51	619,27	681,60	3	227,20
48	33	24	21,17	14,11	127,000	0,503	63,84	15,00	0,55	10,00	5,50	48	2,51	663,50	727,34	3	242,45
50	29	22	21,67	14,44	130,000	0,503	65,35	15,28	0,55	10,19	5,60	50	2,51	704,05	769,40	3	256,47
52	28	21,5	22,42	14,94	134,500	0,503	67,61	15,52	0,55	10,35	5,69	52	2,51	743,68	811,28	3	270,43
54	34	24,5	22,33	14,89	134,000	0,503	67,36	15,85	0,55	10,57	5,81	54	2,51	788,83	856,19	3	285,40
56	24	19,5	22,58	15,06	135,500	0,503	68,11	15,98	0,55	10,65	5,86	56	2,51	824,77	892,88	3	297,63
58	33	24	22,50	15,00	135,000	0,503	67,86	16,26	0,55	10,84	5,96	58	2,51	869,01	936,86	3	312,29
60	32	23,5	22,60	15,07	135,600	0,503	68,16	16,50	0,55	11,00	6,05	60	2,51	912,32	980,48	3	326,83

Sumber : Analisis Peneliti.

4.2.6..Daya Dukung Kekuatan Bahan.

A....Spun Pile.

Pada tiang pancang Spun Pile daya dukung kekuatan bahan menggunakan produk dari Wika Beton.

A.1 Spesifikasi Spun Pile PT. Wika Beton.

Tabel 4.6. Spesifikasi Produk Spoon Pile Wika Beton.



PC PILES

PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Pretension Spun Piles Prestressed Concrete Post Tension Spun Piles (Cylinder Piles) Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile) Inner Boring System

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
Manufacturing	SNI 2847 - 2013 WB - PCP - PS - 05 WB - PCP - PS - 16	Indonesian Standard Code for Concrete Production Manufacturing Procedure Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	S5400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

November - 2017

Sumber : Brosur PT. Wika Beton

Tabel 4.7. Spesifikasi dan Bentuk Spun Pile

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f'_c = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6-13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6-14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	9.00	86.40	46.93	6-15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6-16
400	75	765.76	106,488.93	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.38	6-14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6-17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	C	12.50	25.00	134.90	100.45	6-18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
600	100	1,570.80	510,508.81	393	B	15.00	27.00	174.90	94.15	6-18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6-19
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6-16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6-20
					A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6-20
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6-21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6-22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6-23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6-24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6-22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6-23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6-24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6-24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6-24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6-24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6-24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6-24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6-24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6-24

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

**) Type of Shoe for Bottom Pile is Manira Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8066 kN

Sumber : Brosur PT. Wika Beton

A.2. Daya Dukung Kekuatan Bahan Spun Pile

1.. Daya Dukung Spun Pile Ø.80 cm

Pada perhitungan data daya dukung Spoon Pile Ø.80 dipakai type A.1 dengan data teknis sebagaimana berikut :

$$Q'L = 285,76 \text{ ton.}$$

$$M_x = 4,71 \text{ ton.m'}$$

$$L \text{ tiang} = 48,00 \text{ m}$$

Section Tiang :

$$\circ \text{ Top} = 16 \text{ m}$$

$$\circ \text{ Midle} = 16 \text{ m}$$

$$\circ \text{ Bottom} = 16 \text{ m}$$

Dari tabel PT. Wika Beton dipakai Type A.1 dengan spesifikasi :

$$\text{Dia Tiang} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 12 \text{ cm}$$

$$\text{Berat} = 641 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Bending M.} = 40 \text{ ton.m'}$$

$$P' = 415,00 \text{ ton.}$$

2.. Daya Dukung Spun Pile Ø.60 cm

Pada perhitungan data daya dukung Spun Pile Ø.60 dipakai type A.1 dengan data teknis sebagaimana berikut :

$$Q'L = 227,33 \text{ ton.}$$

$$M_x = 4,21 \text{ ton.m'}$$

$$L \text{ tiang} = 52,00 \text{ m}$$

Section Tiang :

$$\circ \text{ Top} = 14 \text{ m}$$

$$\circ \text{ Midle.1} = 14 \text{ m}$$

$$\circ \text{ Midle.2} = 12 \text{ m}$$

$$\circ \text{ Bottom} = 12 \text{ m}$$

Dari tabel PT. Wika Beton dipakai Type A.1 dengan spesifikasi :

$$\text{Dia Tiang} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Berat} = 393 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Bending M.} = 17 \text{ ton.m'}$$

$$P' = 252,20 \text{ ton.}$$

B.... Daya Dukung Bore Pile .

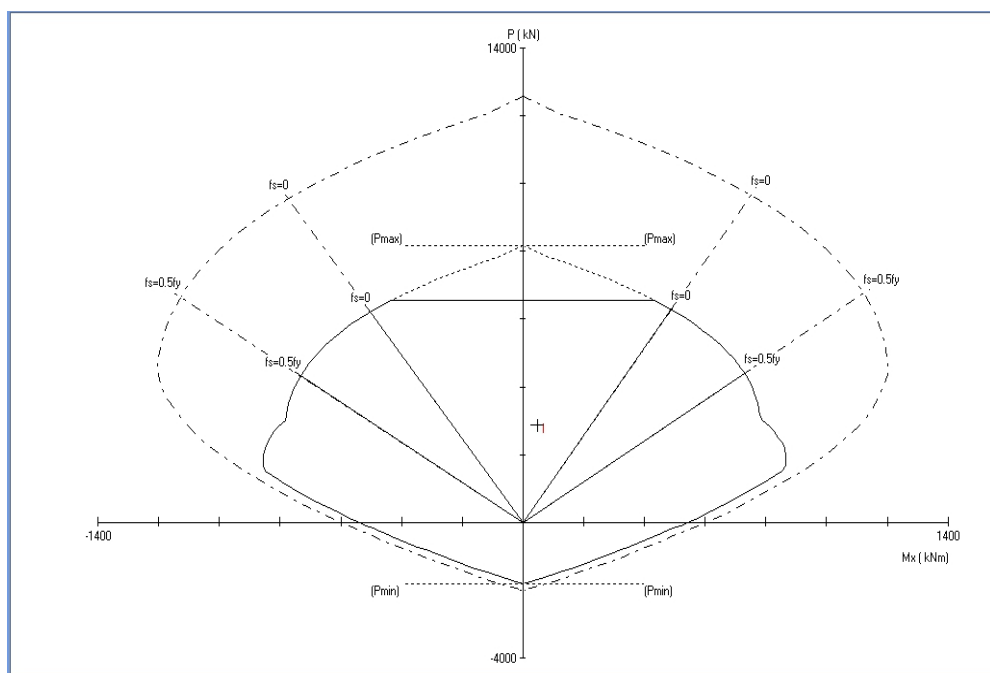
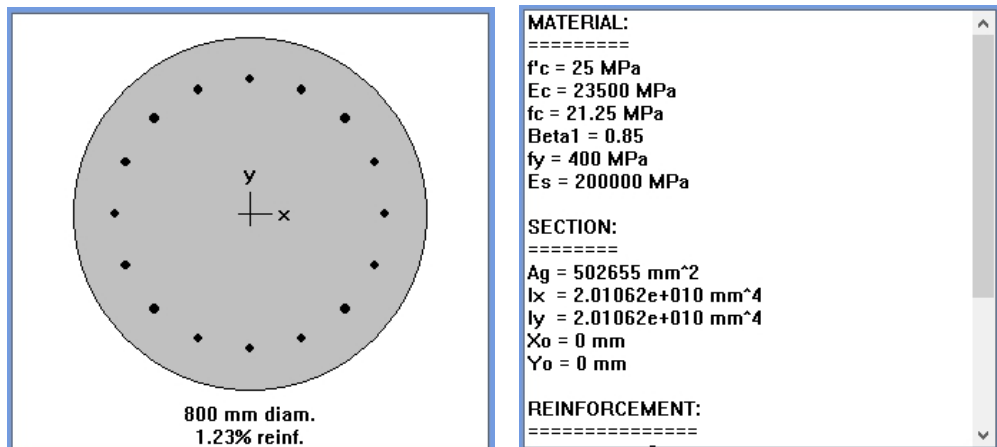
B.1. Tulangan Utama

Perhitungan tulangan Bore Pile Ø.80 menggunakan program Spcolumn dengan terlebih dahulu mengasumsikan tulangan utama adalah batas minimal syarat tulangan tekan yaitu 1% dari luas penampang bore pila, berikut hasil dari tulangan bore dengan program spcolumn dengan data Teknik :

$$PU = 2877 \text{ KN}$$

$$M_x = 47 \text{ KN.M'}$$

Dari hasil soft ware didapat tulangan 16D.22 dengan luas tulangan 1,23%.



Gambar 4.1. Hasil Out Put Spcolumn
 Sumber : Analisis Peneliti.

B.2. Tulangan Sengkang

B.2.1. Data Teknik.

Data Teknik untuk perhitungan Sengkang diperhitungan dengan persamaan ekivalen tiang bore pile Ø. 80 cm sebanding dengan ukuran 70,4 cm x 70,4 cm (0,88 x Diamater bore pile) dengan data Teknik keseluruhan sebagaimana berikut :

- | | |
|----------------|--|
| a. Ø | = 0,75 untuk tulangan geser. |
| b. λ | = 1 (untuk beton normal, SNI. 2013, 8.6.1) |
| c. f'c | = 25 (Mpa). |
| d. Fy | = 400 (Mpa) |
| e. Bw | = 704 (mm) |
| f. d' | = 608 (mm) |
| g. D. Sengkang | = 10 (mm) |
| h. D. Utama | = 22 (mm) |
| i. Jumlah Kaki | = 2 |
| j. Vu | = 60 (KN) |
| k. Pu | = 2877,08 (KN) |
| l. Mu | = 47,10 (KN.M) |

B.2.2. Perhitungan.

$$A_g = 704 \times 704 \text{ mm} \\ = 495.616,00 \text{ mm}$$

$$A_v = 0,25 \times 3.14 \times 10^2 \times 2 \text{ mm}^2 \\ = 157,079 \text{ mm}^2$$

$$V_n = V_u / \phi \\ = 60.000 / 0,75 \\ = 80.000 \text{ N}$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{N_u}{A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times B_w \times d'$$

$$= 0,17 \times \left(1 + \frac{2.877.080}{495.606} \right) \times 1 \times \sqrt{25} \times 704 \times 608$$

$$= 363.833,005 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 363.833,005 \text{ N} \\ = 315.089,402 \text{ N}$$

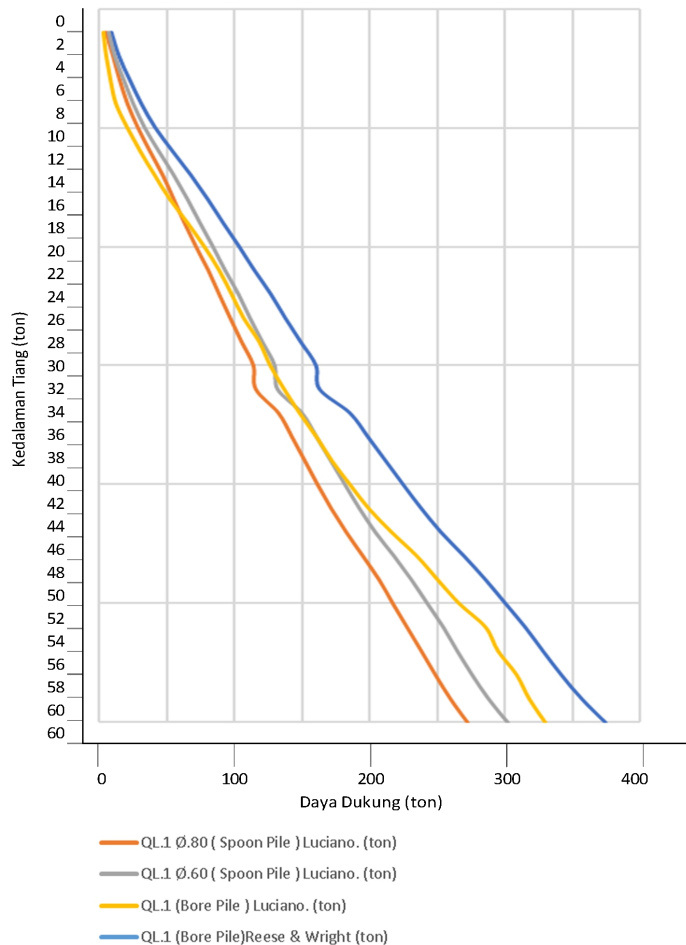
Karena nilai $\phi V_c > V_u$, maka tidak perlu tulangan geser dan digunakan tulangan geser minimum sebesar :

$$S = d'/2 \\ = 608 / 2 \\ = 308 \text{ mm}$$

Sebagai design digunakan tulangan Sengkang bore D.10 – 250 mm.

4.2.7.... Grafik Daya Dukung Tiang Tunggal.

Grafik Daya Dukung Tiang Tunggal dibuat dengan membandingkan daya dukung tiang tunggal untuk berbagai ukuran tiang dan berbagai cara perhitungan pondasi tiang yang disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana berikut :



Gambar 4.2. Grafik komparasi daya dukung tiang.

Sumber : Analisis Peneliti.

4.2.8.... Effisiensi Kelompok Tiang.

A..Rumus Dasar Effisiensi Kelompok Tiang.

1) Metode Converse – Labarre.

$$E_g = 1 - \phi \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn}$$

Dimana :

Eg = Effisiensi kelompok tiang
 m = Jumlah baris tiang
 n = Jumlahh tiang dalam satu baris
 Ø = arc tg d/s dalam derajat
 s = Jarak pusat ke pusat tiang
 d = Diameter tiang

2) Metode Los Angeles Group

$$Eg = 1 - \frac{D}{\pi smn} \{m(n-1) + n(m-1) + (m-1)(n-1)\sqrt{2}\}$$

Dimana :

Eg = Effisiensi kelompok tiang.
 m = Jumlah baris tiang
 n = Jumlah tiangdalam satu baris
 s = Jarak pusat ke pusat tiang
 D = Diameter tiang.
 π = Konstanta lingkaran

Dalam menghitung daya dukung tiang kelompok yang biasanya digunakan pada pile cap ataupun pada raft pondasi dengan menggunakan formula sebagaimana berikut :

$$Qg = n \times Pu \times Eg$$

Dimana :

Q_g = Daya dukung tiang kelompok n = Jumlah tiang
 Pu = Daya dukung tiang tunggal
 Eg = Efisiensi tiang kelompok

B..Nilai Effisiensi Pada Spun Pile Ø.80 cm.

Pada Spoon Pile Ø.80 diketahui nilai parimeter sebagaimana berikut :

M = Jumlah baris tiang (15 baris).
 n = Jumlahh tiang dalam satu baris (20 tiang)
 Ø = arc tg d/s dalam derajat
 s = Jarak pusat ke pusat tiang (2,0 m)
 d = Diameter tiang (0,80 m)

1) Metode Converse – Labarre.

$$Eg = 1 - \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn}$$

$$\begin{aligned}
&= 1 - \text{Arc. tg. } d/s \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \\
&= 1 - \text{Arc. tg. } (0,80/2,00) \frac{(15-1)20 + (20-1)15}{90 \times 15 \times 20} \\
&= 1 - \text{Arc. tg. } (21,801) \frac{(280 + 285)}{90 \times 15 \times 20} \\
&= 0,544.
\end{aligned}$$

2) Metode Los Angeles Group

$$\begin{aligned}
Eg &= 1 - \frac{D}{\pi smn} \{m(n-1) + n(m-1) + (m-1)(n-1)\sqrt{2}\} \\
&= 1 - \frac{0,80}{1.884,955} \{(285 + 280) + (14)(19)\sqrt{2}\} \\
&= 0,601
\end{aligned}$$

C..Nilai Effisiensi Pada Spoon Pile Ø.60 cm.

Pada Spoon Pile Ø.60 diketahui nilai parameter sebagaimana berikut :

- M = Jumlah baris tiang (16 baris).
- n = Jumlahh tiang dalam satu baris (21 tiang)
- Ø = arc tg d/s dalam derajat
- s = Jarak pusat ke pusat tiang (1,80 m)
- d = Diameter tiang (0,60 m)

1) Metode Converse – Labarre.

$$\begin{aligned}
Eg &= 1 - \emptyset \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \\
&= 1 - \text{Arc. tg. } d/s \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \\
&= 1 - \text{Arc. tg. } (0,60/1,80) \frac{(16-1)21 + (21-1)16}{90 \times 16 \times 21}
\end{aligned}$$

$$= 1 - \text{Arc. tg. } (18,435) \frac{(315 + 320)}{90 \times 16 \times 21}$$

$$= 0,613.$$

2) Metode Los Angeles Group

$$Eg = 1 - \frac{D}{\pi smn} \{m(n-1) + n(m-1) + (m-1)(n-1)\sqrt{2}\}$$

$$= 1 - \frac{0,60}{1.900,035} \{(320 + 315) + (15)(21)\sqrt{2}\}$$

$$= 0,666.$$

D..Nilai Effisiensi Bore Pile Ø.80 cm.

Pada Bore Pile Ø.80 diketahui nilai parimeter sebagaimana berikut :

M = Jumlah baris tiang (15 baris).

n = Jumlahh tiang dalam satu baris (20 tiang)

Ø = arc tg d/s dalam derajat

s = Jarak pusat ke pusat tiang (2,0 m)

d = Diameter tiang (0,80 m)

1) Metode Converse – Labarre.

$$Eg = 1 - \emptyset \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn}$$

$$= 1 - \text{Arc. tg. } d/s \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn}$$

$$= 1 - \text{Arc. tg. } (0,80/2,00) \frac{(15-1)20 + (20-1)15}{90 \times 15 \times 20}$$

$$= 1 - \text{Arc. tg. } (21,801) \frac{(280 + 285)}{90 \times 15 \times 20}$$

$$= 0,544.$$

2) Metode Los Angeles Group

$$Eg = 1 - \frac{D}{\pi smn} \{m(n-1) + n(m-1) + (m-1)(n-1)\sqrt{2}\}$$

$$= 1 - \frac{0,80}{1.884,955} \{(285 + 280) + (14)(19)\sqrt{2}\}$$

$$= 0,601.$$

E..Resume Effisiensi Kelompok Tiang.

Dari perhitungan efisiensi kelompok tiang yang dihitung berdasarkan Metode Converse – Labarre dan Metode Los Angeles Group dari berbagai type pondasi dapat disampaikan sebagaimana berikut :

Tabel 4.8. Resume Effisiensi Kelompok Tiang.

Jenis Tiang	Metode	m	n	d	s	(m-1)	(n-1)	(m-1)n	(n-1)m	$\phi = \text{Arc.tan}(d/s)$	Eg
		(baris)	(tiang)	(m)	(m)	(baris)	(tiang)	(baris)	(buah)		
Spoon Pile 80	Converse-Labarre	15	20	0,8	2	14	19	280	285	21,801	0,544
(Luciano Decourt)	Los Angeles Group	15	20	0,8	2	14	19	280	285	-	0,601
Spoon Pile 60	Converse-Labarre	16	21	0,6	1,8	15	20	315	320	18,435	0,613
(Luciano Decourt)	Los Angeles Group	16	21	0,6	1,8	15	20	315	320	-	0,666
Bore Pile 80	Converse-Labarre	15	20	0,8	2	14	19	280	285	21,801	0,544
(Luciano Decourt)	Los Angeles Group	15	20	0,8	2	14	19	280	285	-	0,601
Bore Pile 80	Converse-Labarre	15	20	0,8	2	14	19	280	285	21,801	0,544
(Reese & Wright)	Los Angeles Group	15	20	0,8	2	14	19	280	285	-	0,601

Sumber : Analisis Peneliti.

4.2.9.... Komparasi Daya Dukung Kelompok Tiang.

Pada komparasi Data Dukung Tiang ini dengan melihat daya dukung tiang tunggal dari masing-masing Type pondasi yang dipilih, terkait dengan jumlah dan kedalaman tiang, hingga daya dukung kelompok tiang harus melebihi Total Gaya yang bekerja pada Raft Pondasi :

Tabel 4.9. Komparasi Daya Dukung Kelompok Tiang.

Jenis Tiang	Metode	Data						Kontrol			
		P.max (ton)	Mx.max (ton.m')	My.mak (ton.m')	Panjang Tiang (m)	N-Pile (buah)	P.tiang (ton)	eff	Q.all Group (ton)	P.max Group (ton)	Status
Pancang Ø.80	Luciano Decourt	45.998,02	1.414,06	931,41	48	300	285,759	0,544	46.617,51	45.998,02	Oke
Pancang Ø.60	Luciano Decourt	45.998,02	1.414,06	931,41	52	336	227,326	0,613	46.813,44	45.998,02	Oke
Bore Pile Ø.80	Luciano Decourt	45.998,02	1.414,06	931,41	58	300	287,708	0,544	46.935,49	45.998,02	Oke
Bore Pile Ø.80	Reese & Wright	45.998,03	1.414,06	931,41	54	300	285,400	0,544	46.558,90	45.998,03	Oke

Sumber : Analisis Peneliti.

4.3.... Penerapan Value Engineering Pada Pekerjaan Pondasi

4.3.1. Tahap Informasi

Permasalahan yang timbul pada Proyek Apartemen Tamansari Emerald pada proses tender bahwa pondasi spun pile Ø.80 cm produk PT. Wika Beton tidak diproduksi di Surabaya dan sekitarnya, dan untuk memperoleh spun pile Ø.80 cm harus mendatangkan dari daerah Jawa Barat, kondisi ini tentunya akan berefek pada hal-hal sebagaimana berikut :

- a...penambahan biaya transportasi
- b.. Resiko selama dalam perjalanan dari Jawa Barat ke Proyek.
- c...Penambahan waktu akibat perjalanan.
- d.. Kontrol ketepatan kedatangan material yang lebih cermat dan tepat.

Terkait dengan kondisi tersebut dalam rangka menurunkan biaya pelaksanaan pondasi maka dicarikan beberapa alternatif pondasi yang sesuai dengan kondisi di area proyek dan beban yang dipikul pondasi.

Sebelum menentukan type pondasi pengganti perlu dipelajari terlebih dahulu terkait dengan pondasi itu sendiri, dalam pembahasan pondasi ini kami ambilkan dari buku Desain Pondasi Tahan Gempa karangan Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti (2010) sebagaimana berikut,

Struktur bawah merupakan bagian bawah dari suatu struktur bangunan/Gedung yang menahan beban dari setruktur atas . Struktur bawah meliputi balok sloof dan pondasi.

Balok sloof merupakan balok yang mengikat pondasi satu dengan yang lain, berfungsi sebagai pengikat dan juga untuk mengantisipasi penurunan pada pondasi agar tidak terjadi secara berlebihan.

Pondasi adalah struktur bagian paling bawah dari suatu konstruksi (Gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan tanah, Menara, tanggul dll) yang berfungsi untuk menyalurkan beban vertical di atasnya (kolom) maupun beban horizontal ke tanah.

Perencanaan struktur bawah untuk suatu konstruksi bangunan dengan tepat mutlak diperlukan untuk dapat menjaga kestabilan konstruksi yang ditahan. Kesalahan dalam perhitungan struktur bawah akan menyebabkan bangunan yang kokon pada struktur atas menjadi runtuh dan berakibat fatal bagi penghuninya, berikut disampaikan jenis – jenis pondasi dan dasar pemilihan pondasi :

A..Jenis – Jenis Pondasi.

- 1.... Berdasarkan bahan yang dipakai.
 - a.... Pondasi batu bata.
 - b.... Pondasi batu kali / karang.
 - c.... Pondasi beton.
- 2.... Berdasarkan bentuk dan kedalaman.

- a.... Pondasi dalam.
- b.... Pondasi dangkal

- 3.... Berdasarkan beban yang dipikul.
 - a. Pondasi : menanggung beban vertical.
 - b. Turap : menanggung beban horizontal.

B..Dasar – Dasar Pemilihan Pondasi.

Dalam pemilihan bentuk dan jenis pondasi yang memadai perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi tersebut. Ini karena tidak semua jenis pondasi dapat dilaksanakan di semua tempat. Misalnya pemilihan jenis pondasi tiang pancang di tempat padat penduduk tentu tidak tepat walaupun secara teknis cocok dan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi adalah:

1. Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi
 - a. Bila tanah keras tertetak pada permukaan tanah atau 2- 3 meter di bawah permukaan tanah maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi latur atau pondasi tapak) dan pondasi strauss.
 - b. Bila tanah keras tertetak pada kedalaman hingga 10 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang minipile atau pondasi tiang apung untuk memperbaiki tanah pondasi.
 - c. Bila tanah keras tertetak pada kedalaman hingga 20 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang atau pondasi bor bilamana tidak boleh terjadi penurunan. Bila terdapat batu besar pada lapisan tanah, pemakaian kaisan lebih menguntungkan.
 - d. Bila tanah keras tertetak pada kedalaman hingga 30 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah pondasi kaisan terbuka tiang baja atau tiang yang dicor di tempat.
 - e. Bila tanah keras tertetak pada kedalaman hingga 40 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah tiang baja dan tiang beton yang dicor di tempat.
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (upper structure)

Kondisi struktur yang berada di atas pondasi juga harus diperhatikan dalam pemilihan jenis pondasi. Kondisi struktur tersebut dipengaruhi oleh fungsi dan kepentingan suatu bangunan, jenis bahan bangunan yang dipakai (mempengaruhi berat bangunan yang ditanggung pondasi), dan seberapa besar penurunan yang diijinkan terjadi pada pondasi.

3.. Faktor Lingkungan.

Faktor lingkungan merupakan faktor yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di mana suatu konstruksi tersebut dibangun. Apabila suatu konstruksi direncanakan menggunakan pondasi jenis tiang pancang, tetapi konstruksi terletak pada daerah padat penduduk, maka pada waktu pelaksanaan pemancangan pondasi pasti akan menimbulkan suara yang mengganggu penduduk sekitar.

4.. Waktu pekerjaan

Waktu pelaksanaan pengerjaan pondasi juga harus diperhatikan agar tidak mengganggu kepentingan umum. Pondasi tiang pancang yang membutuhkan banyak alat berat mungkin harus dipertimbangkan kembali apabila dilaksanakan pada jalan raya dalam kota yang sangat padat, karena akan menimbulkan kemacetan yang luar biasa.

5.. Biaya

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. Analisis jenis pondasi yang tepat dan sesuai dengan kondisi tanah juga bisa menekan biaya konstruksi. Misal konstruksi struktur pada lokasi di mana kondisi tanah bagus dan cukup kuat bila menggunakan pondasi telapak saja tidak perlu direncanakan menggunakan pondasi tiang. Atau penggunaan pondasi tiang pancang jenis precast yang membutuhkan biaya yang tinggi dalam bidang pelaksanaan dan transportasi bisa diganti dengan pondasi tiang yang dicor di tempat dengan spesifikasi pondasi yang sama untuk menekan biaya.

4.3.2. Tahap Kreatif

Dengan melihat beberapa pertimbangan ditinjau dari segi biaya dan kemudahan dalam pelaksanaan, ada dua pondasi yang memungkinkan untuk ditindaklanjuti :

- a...Spoon pile Ø.60 cm, material ini banyak diproduksi di Surabaya dan sekitarnya sehingga memudahkan dalam pelaksanaan.
- b.. Bore Pile dengan berbagai ukuran akan lebih fleksibel dilaksanakan dan hal ini didukung oleh kesiapan kontraktor yang sering mengerjakan pondasi bore pile di Surabaya.

Selanjutnya ke dua jenis pondasi ini yang menjadi pilihan sebagai alternatif pengganti pondasi spoon pile Ø.80 dan akan dianalisis lebih lanjut, sedangkan tiang kotak (solid) tidak memungkinkan digunakan karena akan terlalu berat dan memerlukan alat angkat dengan kapasitas yang besar.

4.3.3. Tahap Analisis / Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap data -data yang telah diperoleh untuk mendapatkan nilai yang terbaik yang digunakan dalam menentukan alternatif pengganti dari pondasi Spoon Pile Ø. 80 cm dengan cara sebagaimana berikut :

A..Analisa Biaya Konstruksi.

Pada analisa biaya akan diperhitungkan nilai pekerjaan pondasi dengan menggunakan data-data skunder yang diperoleh dari proyek Apartemen Tamansari Emerald dan data – data lain yang mempunyai kemiripan dengan proyek, berikut disampaikan biaya konstruksi terhadap masing - masing jenis pondasi.

1. Spun Pile Ø. 80 cm.

Tabel 4.10. Analisa Biaya Konstruksi Pondasi Spun Pile Ø.80 cm.

NO.	DESCRIPTION	UNIT	QTY	RATE (Rp)	AMOUNT (Rp)	TOTAL (Rp)
	PEKERJAAN PONDASI					
A.	PEKERJAAN TIANG PANGCANG					
1	Mob / Demob alat pancang + Service Crane	Unit	1,00	110.020.986	110.020.986	
5	Supply Spun Pile Dia. 80 cm, L=16 (upper) (300 btg)	m1	4.800,00	1.531.029	7.348.939.200	
6	Supply Spun Pile Dia. 80 cm, L=16 (bottom) (300 btg)	m1	4.800,00	1.696.639	8.143.867.200	
7	Supply Spun Pile Dia. 80 cm, L=16 (midle) (300 btg)	m1	4.800,00	1.674.635	8.038.248.000	
9	Pemancangan Dia. 80 cm.	m1	14.400,00	208.461	3.001.838.400	
10	Load unload + handling tiang pancang	m1	14.400,00	11.581	166.766.400	
12	Joint Welding Dia. 80 cm	Titik	600,00	289.529	173.717.400	26.983.397.586,00
B.	PILE TESTING					
B.1	LATERAL TEST					
1	Mob / Demob Peralatan Test	Unit	1,00	12.160.214	12.160.214	
2	Lateral Test	Titik	2,00	18.240.321	36.480.642	
B.2	STATIC LOADING TEST					
1	Mob / Demob Peralatan Test	Unit	1,00	12.160.214	12.160.214	
2	Static Loading Test	Titik	3,00	28.952.891	86.858.673	147.659.743,00
					TOTAL =	27.131.057.329,00

Sumber : Analisis Peneliti.

2. Spun Pile Ø. 60 cm

Tabel 4.11. Analisa Biaya Konstruksi Spoon Pile Ø.60 cm

NO.	DESCRIPTION	UNIT	QTY	RATE (Rp)	AMOUNT (Rp)	TOTAL (Rp)
PEKERJAAN PONDASI						
A. PEKERJAAN TIANG PANGCANG						
1	Mob / Demob alat pancang + Service Crane	Unit	1,00	111.573.103	111.573.103	
2	Supply Spun Pile Dia. 60 cm, L=14 (upper) (336 Btg)	m1	4.704,00	590.897	2.779.579.488	
3	Supply Spun Pile Dia. 60 cm, L=14 (bottom) (336 Btg)	m1	4.704,00	590.897	2.779.579.488	
4	Supply Spun Pile Dia. 60 cm, L=12 (midle) (336 Btg)	m1	4.032,00	590.897	2.382.496.704	
	Supply Spun Pile Dia. 60 cm, L=12 (midle) (336 Btg)	m2	4.032,00	590.897	2.382.496.704	
5	Pemancangan Dia. 60 cm.	m1	17.472,00	129.190	2.257.207.680	
6	Load unload + handling tiang pancang (2355 Btg)	m1	17.472,00	11.745	205.208.640	
7	Joint Welding Dia. 60 cm	Titik	1.008,00	211.402	213.093.216	13.111.235.023,00
B. PILE TESTING						
B.1 LATERAL TEST						
1	Mob / Demob Peralatan Test	Unit	1,00	12.331.764	12.331.764	
2	Lateral Test	Titik	2,00	18.497.646	36.995.292	
B.2 STATIC LOADING TEST						
1	Mob / Demob Peralatan Test	Unit	1,00	12.331.764	12.331.764	
2	Static Loading Test	Titik	3,00	29.361.343	88.084.029	149.742.849,00
					TOTAL =	13.260.977.872,00

Sumber : Analisis Peneliti.

3. Bore Pile Ø. 80 cm.

Tabel 4.12. Analisa Biaya Konstruksi Bore Pile Ø.80 cm

NO.	DESCRIPTION	UNIT	QTY	RATE (Rp)	AMOUNT (Rp)	TOTAL (Rp)
PEKERJAAN PONDASI						
A. PEKERJAAN BORE PILE						
1	Mob / Demob alat Bore + Service Crane + Excavator	Unit	3,00	38.500.000	115.500.000	115.500.000
6	Bore Pile dalam 58 M, Dia 80 cm (300 ttk)	mL	17.400,00	390.500	6.794.700.000	6.794.700.000
7	Cor Bore Pile dalam 58 M, Dia 80 cm, K'300 Slump 18+/2 (300 ttk)	m3	10.056,23	1.177.000	11.836.177.531	11.836.177.531
8	Pembesian Bore dalam 58 M, Dia 80 cm (300 ttk)	kg	904.243,36	11.750	10.624.859.456	10.624.859.456
9	Buang Lumpur Bore Pile dia. 80 Cm	m3	10.056,23	143.000	1.438.040.261	1.438.040.261
B. PILE TESTING						
B.1 LATERAL TEST						
1	Mob / Demob Peralatan Test	Unit	1,00	2.750.000	2.750.000	2.750.000
2	Lateral Test	Titik	2,00	27.500.000	55.000.000	55.000.000
B.2 STATIC LOADING TEST						
1	Mob / Demob Peralatan Test 200 % x 300 ton	Unit	1,00	682.000.000	682.000.000	682.000.000
2	Static Loading Test 200 % x 300 ton	Titik	3,00	107.800.000	323.400.000	323.400.000
					TOTAL =	31.872.427.248

Sumber : Analisis penulis.

B.... Analisa Untung dan Rugi.

Dalam memilih jenis pondasi berdasarkan pertimbangan ekonomis, perlu dilakukan evaluasi keuntungan dan kerugian antara desain awal dengan ide-ide kreatif yang diusulkan. Masing-masing kita pisahkan antara keuntungan dan kerugiannya dalam suatu tabel untuk mempermudah analisa. Dalam analisa ini

dilakukan Kuesioner terhadap 10 responden dari Manajemen Konstruksi dan Kontraktor :

Tabel 4.13. Analisa Untung – Rugi Spun Pile Ø.80 cm.

No.	Ide Kreatiif	Keuntungan	Kerugian	Rating	Rangking
1	Spoon Pile Ø.80 cm	Kualitas Tiang Spoon Pile bisa diandalkan, lebih baik dan uniform, karena diproduksi dipabrik dengan alat yang baik serta terawasi lebih maksimal.	Biaya akan lebih besar, karena Ø. 80 cm tidak tersedia di sekitar Jawa Timur, sehingga akan timbul biaya transportasi.	47	2
		Waktu pelaksanaan dengan tiang Spoon Pile akan lebih cepat, karena proses pengerjaan dengan mesin Inject.	Dampak lingkungan sangat besar, karena pergerakan tanah yang sangat berpengaruh pada kondisi disekitar proyek yang padat penduduk.		
		Waktu pelaksanaan dengan menggunakan Spoon Pile lebih cepat, karena waktu pelaksanaan test pile perlu waktu tunggu yang lebih cepat dibandingkan Bore Pile yang harus menunggu recovery daya dukung tanah (friction).	Penyediaan dan pendatangan material akan sangat tidak terkontrol karena harus mendatang dari luar Jawa Timur yang akan sangat dipengaruhi keadaan selama perjalanan.		
		Metode pelaksanaan tiang Spoon Pile dengan sistem inject akan lebih mudah dilaksanakan, karena service crane sudah menjadi satu dengan alat inject.	Stok material di site lapangan memerlukan banyak tempat hingga memerlukan manajemen kontrol pendatangan dan penataan lapangan yang lebih tepat.		
		Hasil pekerjaan pelaksanaan tiang spoon pile dengan alat inject akan lebih mudah dan hasil terkontrol dengan baik, karena termonitor daya dukung akhir tiang.	Pengangkutan material ke Site memerlukan waktu yang lebih lama karena harus didatangkan dari luar Jawa Timur (Spoon pile Ø. 80 cm).		
		Peralatan yang digunakan lebih sederhana , hingga tidak memakan tempat yang banyak.	Kondisi aktual tanah per lapis ke dalaman tidak bisa dikontrol pada pekerjaan pemancangan spoon pile.		
		Bentuk konstruksi lebih bagus karena dicetak dengan cetakan yang bagus (baja) dan termonitor dengan baik.			

Sumber : Analisis Peneliti.

Table 4.14. Analisa Untung Rugi Spun Pile Ø.60 cm.

No.	Ide Kreatif	Keuntungan	Kerugian	Rating	Rangking
2	Spoon Pile Ø.60 cm	Biaya murah, karena tiang Spoon tersedia di sekitar Surabaya.	Dampak lingkungan sangat besar, karena pergerakan tanah yang sangat berpengaruh pada kondisi disekitar proyek yang padat penduduk.	56	1
		Kualitas Tiang Spoon Pile bisa diandalkan, lebih baik dan uniform, karena diproduksi dipabrik dengan alat yang baik serta terawasi lebih maksimal.	Stok material di site dilapangan memerlukan banyak tempat hingga memerlukan manajemen kontrol pendatangan dan penataan lapangan yang lebih tepat.		
		Waktu pelaksanan dengan tiang Spoon Pile akan lebih cepat, karena proses pengerjaan dengan mesin Inject.	Kondisi aktual tanah perlapis ke dalaman tidak bisa dikontrol pada pekerjaan pemancangan spoon pile.		
		Waktu pelaksanaan dengan menggunakan Spoon Pile lebih cepat, karena waktu pelaksanaan test pile perlu waktu tunggu yang lebih cepat dibandingkan Bore Pile yang harus menunggu recovery daya dukung tanah (friction).			
		Metode pelaksanaan tiang Spoon Pile dengan sistem inject akan lebih mudah dilaksanakan, karena service crane sudah menjadi satu dengan alat inject.			
		Hasil pekerjaan pelaksanaan tiang spoon pile dengan alat inject akan lebih mudah dan hasil terkontrol dengan baik, karena termonitor daya dukung akhir tiang.			
		Peralatan yang digunakan lebih sederhana , hingga tidak memakan tempat yang banyak.			
		Pengangkutan material lebih cepat karena tersedia tidak jauh dari lokasi.			
		Bentuk konstruksi lebih bagus karena dicetak dengan cetakan yang bagus (baja) dan termonitor dengan baik.			

Sumber : Analisis Peneliti.

Tabel 4.15. Analisa Untung Rugi Bore Pile Ø.80 cm.

No.	Ide Kreatiif	Keuntungan	Kerugian	Rating	Rangking
3	Bore Pile Ø.80 cm	Dampak lingkungan tidak besar terhadap sekitar lingkungan, karena tidak ada getaran dan pergerakan tanah akibat desakan tiang.	Biaya mahal karena bentuk yang tidak beraturan, solid, dimensi dan kedalaman kadang lebih besar dibanding Spoon Pile.	43	3
		Persediaan material lebih mudah, karena tersedia disekitar lokasi proyek.	Kualitas susah terkontrol, karena proses pengerjaan tidak bisa terukur dengan baik.		
		Tidak memerlukan tempat yang banyak untuk stok material dilapangan.	Waktu pelaksanaan lebih lama, karena produktifitas sangat kecil, hal ini terkait banyaknya item pekerjaan dari pengeboran, sirkulasi bentonite/ polimer, pembesian, pengecoran.		
		Identifikasi tanah bisa dimonitor dengan baik, karena bisa dilihat kondisinya tiap kedalaman pengeboran.	Waktu pengetesan tiang lama, karena terkait dengan recovery friction tanah yang cukup lama.		
			Metode pelaksanaan sangat panjang dan rumit, dari proses pengeboran, sirkulasi bentonite/ polimer, pembesian dan pengecoran.		
			Peralatan yang digunakan sangat banyak, dari alat bor, servive crane, excavator dan dumptruk, sehingga harus diatur sirkulasi dan penyiapan lahan yang terus berubah.		
			Bentuk konstruksi kurang rapi karena mengikuti bentuk bor-boran.		

Sumber : Analisis Peneliti.

C.... Analisa Rating

Pada Analisa rating digunakan data dari hasil kuesioner terhadap 10 responden dari Manajemen Konstruksi dan Kontraktor yang meliputi 4 proyek *Highrise Building* di Surabaya.

setelah kita dapatkan keuntungan dan kerugian masing-masing desain yang diuji. Maka kita bisa memulai untuk memberikan skor kepada masing-masing desain menurut bobot kriteria terhadap keuntungan dan kerugiannya dan bobot kriteria yang diprioritaskan diberi skor lebih besar dari kriteria dibawahnya. Lalu skor tersebut dijumlahkan permasing-masing desain, dan dari jumlah skor ranting itu kita beri rangkingnya. Kriteria-kriteria yang kita tinjau dari item pekerjaan pondasi adalah sebagai berikut :

- a. Biaya Pelaksanaan
- b. Kualitas
- c. Waktu Pelaksanaan
- d. Peralatan Kerja
- e. Dampak Lingkungan
- f. Persediaan Material
- g. Lahan stok Material di Site
- h. Pengangkutan Material di Site
- i. Bentuk Konstruksi
- j. Identifikasi Kondisi Tanah

Dalam hal ini, analisa ini masih kita kategorikan sebagai analisa kuantitas pekerjaan yang berfungsi memberi gambaran urutan prioritas kriteria pekerjaan.

C.1. Analisa Zero One

Merupakan bagian dari tahap analisa yang mengevaluasi kriteria-kriteria yang ditinjau dengan memberi notasi angka nol untuk kriteria yang tidak diutamakan dan notasi angka 1 untuk kriteria yang lebih diutamakan. Maka akan diperoleh rangking kriteria untuk sebagai faktor pengali dalam analisa matrik.

C.2. Analisa Matrik

Merupakan analisa yang menentukan, karena analisa ini tidak hanya berdasarkan kuantitas saja tetapi juga mempertimbangkan kualitas dari pekerjaan maka akan mengetahui secara tepat pemilihan alternative yang cocok untuk kondisi lapangan.

Tabel 4.16. Analisa Rating Pekerjaan Pondasi

No.	Kriteria	Score	Spoon Pile Ø.80 cm	Spoon Pile Ø.60 cm	Bore Pile Ø.80 cm
1	Biaya	10-1	5	7	5
2	Kualitas	9-1	8	8	5
3	Waktu pelaksanaan	9-1	6	8	4
4	Metode Pelaksanaan	8-1	6	7	4
5	Peralatan Kerja	7-1	6	6	4
6	Dampak Lingkungan	6-1	3	4	4
7	Persediaan Material	6-1	3	5	5
8	Lahan Stok Material di Site	5-1	3	3	3
9	Pengangkutan Material Ke Site	5-1	2	4	4
10	Bentuk Konstruksi	4-1	4	4	2
11	Identifikasi Kondisi Tanah	3-1	2	2	2
RATING			47	56	43
RANGKING			2	1	3

Sumber: Analisis Peneliti.

Tabel 4.17. Penilaian Rating Item Pekerjaan Pondasi

No	Kriteria	Jenis Pondasi	Score	Alasan
1	Biaya	-- Spoon Pile Ø.80 cm	5	- Rp. 27.131.057.329
		-- Spoon Pile Ø.60 cm	7	- Rp. 13.260.977.872
		-- Bore Pile Ø.80 cm	5	- Rp. 28.720.274.066
2	Kualitas	-- Spoon Pile Ø.80 cm	8	- Baik, karena precast
		-- Spoon Pile Ø.60 cm	8	- Baik, karena precast
		-- Bore Pile Ø.80 cm	5	- Tidak bisa terkontrol karena insitu.
3	Waktu Pelaksanaan	-- Spoon Pile Ø.80 cm	6	- Waktu agak lama karena proses supply.
		-- Spoon Pile Ø.60 cm	8	- Waktu lebih cepat karena tersedia disekitar lokasi.
		-- Bore Pile Ø.80 cm	4	- Waktu menjadi lama karena harus menunggu umur beton untuk bisa dibebani.
4	Metode Pelaksanaan	-- Spoon Pile Ø.80 cm	6	- Pelaksanaan agak susah karena alat dan bahan lebih besar.
		-- Spoon Pile Ø.60 cm	7	- Pelaksanaan lebih mudah karena alat dan bahan lebih kecil.
		-- Bore Pile Ø.80 cm	4	- Pelaksanaan susah, karena banyak alat yang digunakan dan proses terlalu banyak.
5	Peralatan	-- Spoon Pile Ø.80 cm	6	- Peralatan simple, jadi

	Kerja	-.. Spoon Pile Ø.60 cm -.. Bore Pile Ø.80 cm	6 4	satu dalam satu alat. -..Peralatan simple, jadi satu dalam satu alat -..Peralatan terlalu banyak, Alat bore + beberapa macam mata bore, Service Crane, Excavator, Dumptruk.
6	Dampak Lingkungan	-.. Spoon Pile Ø.80 cm -.. Spoon Pile Ø.60 cm -.. Bore Pile Ø.80 cm	3 4 4	-..Dampak lebih ringan karena jumlah lebih sedikit. -..Dampak lebih besar karena jumlah lebih banyak. -..Berdampak besar terhadap akses, karena keluar masuk membawa lumpur.
7	Persediaan Material	-.. Spoon Pile Ø.80 cm -.. Spoon Pile Ø.60 cm -.. Bore Pile Ø.80 cm	3 5 5	-..Persediaan sulit karena harus datangkan dari Jawa Barat. -..Persedian lebih mudah, karena ada disekitar lokasi. -..Persediaan lebih mudah karena tersedia di sekitar lokasi.
8	Lahan Stok Material On Site	-.. Spoon Pile Ø.80 cm -.. Spoon Pile Ø.60 cm -.. Bore Pile Ø.80 cm	3 3 3	-..Memerlukan banyak lahan untuk stok material spoon pile minimal 2 hari. -..Memerlukan banyak lahan untuk stok material spoon pile minimal 2 hari. -..Memerlukan banyak lahan untuk posisi alat dan sirkulasi dumptruk dan truk mixer.
9	Pengangkutan Material ke	-.. Spoon Pile Ø.80 cm	2	-.. Pengangkutan material menjadi

	Site	-.. Spoon Pile Ø.60 cm	4	lebih susah karena harus didatangkan dari Jawa Barat.
		-.. Bore Pile Ø.80 cm	4	-.. Pengangkutan mudah karena tersedia disekitar lokasi.
				-.. Pengangkutan mudah karena tersedia disekitar lokasi
10	Bentuk Konstruksi	-.. Spoon Pile Ø.80 cm	4	-.. Bentuk baik, karena precast.
		-.. Spoon Pile Ø.60 cm	4	-.. Bentuk baik, karena precast.
		-.. Bore Pile Ø.80 cm	2	-.. Bentuk tidak terkontrol karena insitu dan berada dalam tanah.
11	Identifikasi Kondisi Tanah	-.. Spoon Pile Ø.80 cm	2	-.. Identifikasi data tanah punya kesulitan yang sama.
		-.. Spoon Pile Ø.60 cm	2	-.. Identifikasi data tanah punya kesulitan yang sama.
		-.. Bore Pile Ø.80 cm	2	-.. Identifikasi data tanah punya kesulitan yang sama.

Sumber: Analisis Peneliti

Tabel 4.18. Analisa Zero One Pekerjaan Pondasi

No.	Kriteria												Total	Rangking	Bobot
		Biaya	Kualitas	Waktu pelaksanaan	Metode Pelaksanaan	Peralatan Kerja	Dampak Lingkungan	Persediaan Material	Lahan Stok Material di Site	Pengangkutan Material Ke Site	Bentuk Konstruksi	Identifikasi Kondisi Tanah			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K			
1	Biaya	A	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	11
2	Kualitas	B	0	X	1	1	1	1	1	1	1	1	9	2	10
3	Waktu pelaksanaan	C	0	0	X	1	1	1	1	1	1	1	8	3	9
4	Metode Pelaksanaan	D	0	0	0	X	1	1	1	1	1	1	7	4	8
5	Peralatan Kerja	E	0	0	0	0	X	1	1	1	1	1	6	5	7
6	Dampak Lingkungan	F	0	0	0	0	0	X	1	1	1	1	5	6	6
7	Persediaan Material	G	0	0	0	0	0	0	X	1	1	1	4	7	5
8	Lahan Stok Material di Site	H	0	0	0	0	0	0	0	X	1	1	3	8	4
9	Pengangkutan Material Ke Site	I	0	0	0	0	0	0	0	0	X	1	2	9	3
10	Bentuk Konstruksi	J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	1	10	2
11	Identifikasi Kondisi Tanah	K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	11	1

Sumber: Analisis Peneiti.

Tabel 4.19. Analisa Zero One Pekerjaan Pondasi

No.	Kriteria												Total	Rangking
		Biaya	Kualitas	Waktu pelaksanaan	Metode Pelaksanaan	Peralatan Kerja	Dampak Lingkungan	Persediaan Material	Lahan Stok Material di Site	Pengangkutan Material Ke Site	Bentuk Konstruksi	Identifikasi Kondisi Tanah		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
	Bobot	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
1	Spoon Pile Ø.80 cm	Rating	2	3	3	3	3	2	2	2	2	3	169	2
		Index	22	30	27	24	21	12	10	8	6	3		
2	Spoon Pile Ø.60 cm	Rating	3	4	3	3	3	2	3	2	3	3	198	1
		Index	33	40	27	24	21	12	15	8	9	6		
3	Bore Pile Ø.80 cm	Rating	2	3	2	2	2	2	3	3	3	2	155	3
		Index	22	30	18	16	14	12	15	12	9	4		

Sumber : Analisis Peneliti.

Tabel 4.20. Kriteria Penilaian Matrik Pekerjaan Pondasi

No.	Kriteria	Score	Spoon Pile Ø.80 cm	Spoon Pile Ø.60 cm	Bore Pile Ø.80 cm
1	Biaya	4-1	2	3	2
2	Kualitas	4-1	3	4	3
3	Waktu pelaksanaan	4-1	3	3	2
4	Metode Pelaksanaan	4-1	3	3	2
5	Peralatan Kerja	4-1	3	3	2
6	Dampak Lingkungan	4-1	2	2	2
7	Persediaan Material	4-1	2	3	3
8	Lahan Stok Material di Site	4-1	2	2	3
9	Pengangkutan Material Ke Site	4-1	2	3	3
10	Bentuk Konstruksi	4-1	3	3	2
11	Identifikasi Kondisi Tanah	4-1	3	3	3

Sumber : Analisis Peneliti.

Tabel 4.21. Kriteria Penilaian Matrik Item Pekerjaan Pondasi

No	Kriteria	Jenis Pondasi	Score	Alasan
1	Biaya	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	2 3 2	1..Sangat mahal 2..Mahal 3..Murah 4..Sangat murah
2	Kualitas	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	3 4 3	1..Sangat rendah 2..Rendah 3..Baik 4..Sangat baik
3	Waktu Pelaksanaan	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	3 3 2	1..Sangat lambat 2..Lambat 3..Cepat 4..Sangat cepat
4	Metode Pelaksanaan	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	3 3 2	1..Sangat susah 2..Susah 3..Mudah 4..Sangat mudah.
5	Peralatan Kerja	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	3 3 2	1. Konvensional 2. Semikonvensional 3. Modern 4. Canggih.
6	Dampak Lingkungan	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	2 2 2	1..Besar 2..Sedang 3..Kecil 4..Sangat kecil
7	Persediaan Material	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	2 3 3	1..Sangat susah 2..Susah 3..Mudah 4..Sangat mudah
8	Lahan Stok	-- Spoon Pile Ø.80 cm	2	1..Sangat luas

	Material On Site	-- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	2 3	2..Luas 3..Cukup luas 4..Kecil.
9	Pengangkutan Material ke Site	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	2 3 3	1..Sangat susah 2..Susah 3..Mudah 4..Sangat mudah.
10	Bentuk Konstruksi	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	3 3 2	1..Buruk 2..Kurang baik 3..Baik 4..Sangat baik.
11	Identifikasi Kondisi Tanah	-- Spoon Pile Ø.80 cm -- Spoon Pile Ø.60 cm -- Bore Pile Ø.80 cm	3 3 3	1..Sangat susah 2..Susah 3..Mudah 4..Sangat mudah.

Sumber : Analisis Peneliti.

4.3.4. Tahap Pengembangan

Pada tahap ini dilakukan pengembangan terhadap hasil yang didapat pada tahap Analisis untuk memberikan gambaran yang lebih tepat dan jelas terhadap pemilihan type pondasi alternatif yang akan digunakan dengan membuat beberapa komparasi hasil analisis sebagaimana berikut :

A....Komparasi Analisis Struktur

Dari perhitungan analisis struktur yang telah dilakukan dengan berdasar pada pembebanan yang terbesar dari kombinasi pembebanan yang ada dimana data tersebut sebagaimana berikut :

- a. $P_{max} = 45.998,02 \text{ ton}$
- b. $M_x = 1.414,06 \text{ ton.m'}$
- c. $M_y = 931.41 \text{ ton.m'}$

Data tersebut diambil dari beberapa kombinasi pembebanan termasuk kombinasi dengan gaya gempa dengan nilai terbesar (lihat Tabel 4.1. Resume Gaya kombinasi pembebanan), berikut disampaikan beberapa resume kesimpulan analisis struktur terpilih :

Tabel 4.22 : Komparasi Daya Dukung Alternatif Pondasi Tiang Terpilih.

Data								Kontrol			
Jenis Tiang	Metode	P.max (ton)	Mx.max (ton.m')	My.max (ton.m')	Panjang Tiang (m)	N-Pile (buah)	P.tiang (ton)	eff	Q.all Group (ton)	P.max Group (ton)	Status
Pancang Ø.80	Luciano Decourt	45.998,02	1.414,06	931,41	48	300	285,759	0,544	46.617,51	45.998,02	Oke
Pancang Ø.60	Luciano Decourt	45.998,02	1.414,06	931,41	52	336	227,326	0,613	46.813,44	45.998,02	Oke
Bore Pile Ø.80	Luciano Decourt	45.998,02	1.414,06	931,41	58	300	287,708	0,544	46.935,49	45.998,02	Oke

Sumber : Analisis Peneliti

Tabel 4.23 : Spesifikasi Pondasi Tiang Terpilih Dihitung Berdasar

Kombinasi Pembebanan Terbesar (lihat Tabel 4.1).

Alternatif Tiang Terpilih	Gaya Vertikal Pertiang	Momen Pertiang	Jumlah Tiang Perpond	Diameter Terpilih	Spek Tiang Wika Beton & Hasil Penulangan Pada Bore Pile				
					Class	Momen Crack	Alloable Compresson	Penulangan Bore Pile	
						Ton.m'	Ton	Tul. Utama	Senggang
Pancang Ø.80	285,759	4,714	300	A.1 (Ø.80)	A.1 (Ø.80)	40,00	415,00	-	
Pancang Ø.60	227,326	4,209	336	A.1 (Ø.60)	A.1 (Ø.60)	17,00	252,70	-	
Bore Pile Ø.80	287,708	4,714	300	Ø.80	-	-	-	16D.22	D.10-250

Sumber : Analisis Peneliti

Tabel 4.24 : Komparasi Spun Pile Ø.60 cm dengan Spun Pile yang digunakan dalam pelaksanaan.

Item	Diamater Tiang	Jumlah Tiang	Panjang Tiang	Effisiensi Tiang	Daya Dukung Tiang	Tiang Terpakai Wika Beton		
						Class	Momen Crack	Allowable Compressi on
	(cm)	(Pcs)	(m)	-		-	Ton.m'	Ton
Hasil Analisis Penulis	60	336	52,000	0,613	227,326	A.1	17,000	252,700
Hasil Analisis Konsultan (Pelaksanaan)	60	315	48,000	0,700	209,800	A.1	17,000	252,700

Sumber : Analisis Peneliti.

B.... Komparasi Biaya Konstruksi

Tabel 4.25. Komparasi Biaya Konstruksi.

No.	Item Pekerjaan	Spoon Pile Ø.80 cm	Spoon Pile Ø.60 cm	Bore Pile Ø.80 cm
1	Harga <i>Main Contractor</i>	Rp 27.131.057.329	Rp 13.260.977.872	Rp 31.872.427.248
	Penghematan	Rp -	Rp 13.870.079.457	-Rp 4.741.369.919
2	Nilai Pekerjaan diambil alih Owner (assumsi Profit 10%)	Rp 24.417.951.596	Rp 11.934.880.085	Rp 28.685.184.523
	Penghematan	Rp -	Rp 12.483.071.511	-Rp 4.267.232.927
3	Total Penghematan Jika pekerjaan Pondasi dikerjakan Owner.	Rp 2.713.105.733	Rp 15.196.177.244	-Rp 1.554.127.194

Sumber : Analisis Peneliti

C.... Komparasi Untung rugi, Rating dan Ranging.

Tabel 4.26. Komparasi Untung-Rugi, Rating dan Ranging.

No.	Item Pekerjaan	Spoon Pile Ø.80 cm	Spoon Pile Ø.60 cm	Bore Pile Ø. 80 cm
1	Analisa Untung Rugi			
	- Keuntungan	7 Item	9 Item	4 Item
	- Kerugian	6 Item	3 Item	7 Item
2	Analisa Rating			
	- Rating	47	56	43
	- Ranging	2	1	3
3	Analisa Matrik			
	- Total Indek	169	198	155
	- Ranging	2	1	3

Sumber : Analisis penulis.

4.3.5. Tahap Presentasi / Rekomendasi

Pada tahap ini memberikan penjelasan kepada pemilik terkait dengan alternatif terbaik yang dipilih dengan menyampaikan garis besar alasan pemilihan pondasi dengan menyampaikan hasil pengembangan.

Dengan melakukan evaluasi terhadap *Value Engineering* pada Tahap Pengembangan penulis bisa sampaikan rekomendasi hasil *Value Engineering* sebagaimana berikut :

A..Biaya Konstruksi

Dari hasil komparasi biaya konstruksi yang disampaikan dalam tahap pengembangan dapat disimpulkan sebagaimana berikut :

- 1.. Biaya Konstruksi jika dikerjakan oleh Main Contractor.
 - a. Spun Pile Ø.80 cm sebesar Rp. 27.131.057.329
 - b. Spun Pile Ø.60 cm sebesar Rp. 13.260.977.872
 - c. Besar nilai penghematan sebesar Rp. 13.870.079.457
2. Biaya Konstruksi jika dikerjakan oleh Pihak Owner (Assumsi Profit 10%)
 - a. Spun Pile Ø.80 cm sebesar Rp. 24.417.951.596
 - b. Spun Pile Ø.60 cm sebesar Rp. 11.934.880.085
 - c. Besar nilai penghematan sebesar Rp. 12.483.071.511
3. Besar nilai penghematan dengan membandingkan antara dikerjakan pihak Main Contractor dengan dikerjakan sendiri oleh pihak Owner.
 - a. Spun Pile Ø.80 cm (Main Contractor) sebesar Rp. 27.131.057.329
 - b. Spun Pile Ø.60 cm (Owner) sebesar Rp. 11.934.880.085
 - c. Besar nilai penghematan sebesar Rp. 15.196.177.244

B..Analisis *Rating dan Ranking*.

Melihat hasil nilai komparasi untung-rugi, analisa Rating dan Analisa Matrik dapat disimpulkan dengan memperbandingkan type pondasi :

- 1.. Pada Analisa untung rugi memberikan gambaran bahwa Spun Pile Ø.60 cm memberikan gambaran terbaik dibandingkan Spun Pile Ø.80 cm dan Bore Pile Ø.80 cm.
- 2.. Pada analisa Rating Spun Pile Ø.60 cm memberikan nilai tertinggi dibandingkan Spun Pile Ø.80 cm dan Bore Pile Ø.80 cm.
- 3.. Pada Analisa Matrik Spun Pile Ø.60 cm memberikan nilai tertinggi dibandingkan Spun Pile Ø.80 cm dan Bore Pile Ø.80 cm

C..Rekomendasi :

1.. Rekomendasi

Dengan melihat gambaran yang disampaikan besaran Nilai Konstruksi dan Value Engineering direkomendasikan alternatif pengganti pondasi Spun Pile Ø. 80 cm dengan menggunakan pondasi Spun Pile Ø.60 cm sebagai alternatif terbaik dan akan memberikan nilai Value yang lebih besar jika pelaksanaan pekerjaan dilakukan oleh Pihak Owner langsung.

- 2.. Sebagai catatan jika pelaksanaan pekerjaan pondasi Spun Pile Ø.60 akan dilaksanakan oleh pihak Owner ada beberapa hal yang harus diperhatikan, agar biaya tidak membengkak lebih besar lagi sebagai akibat kesalahan pelaksanaan :

- a.... Pihak Owner harus menyelenggarakan *Contractors All Risk (CAR)* termasuk pertanggungan biaya *deductable*, hal ini untuk menghindari jika ada efek terhadap lingkungan sekitar dan kegagalan akibat pelaksanaan pekerjaan pondasi.
- b.... Dalam pelaksanaan kontrak kerja antara Owner dan pihak Kontraktor Pancang, kewenangan tenaga survey harus menjadi tanggungjawab Kontraktor Pancang, hal ini dimaksudkan jika terjadi pergeseran titik pancang yang mengakibatkan pembesaran pondasi menjadi tanggung jawab Kontraktor Pancang.
- c.... Dalam masa pelaksanaan pekerjaan Jasa Konsultan Manajemen Konstruksi yang diawal sebagai pengawas Main Contractor dipindahkan ke pengawasan Kontraktor Pancang.

