

Alternatif Perencanaan Dinding Penahan Tanah dan Pondasi pada *Basement* Gedung Menara Mandiri Denpasar

Manatap Advent Christian, Suwarno, dan Musta'in Arif
 Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: suwarno@ce.its.ac.id

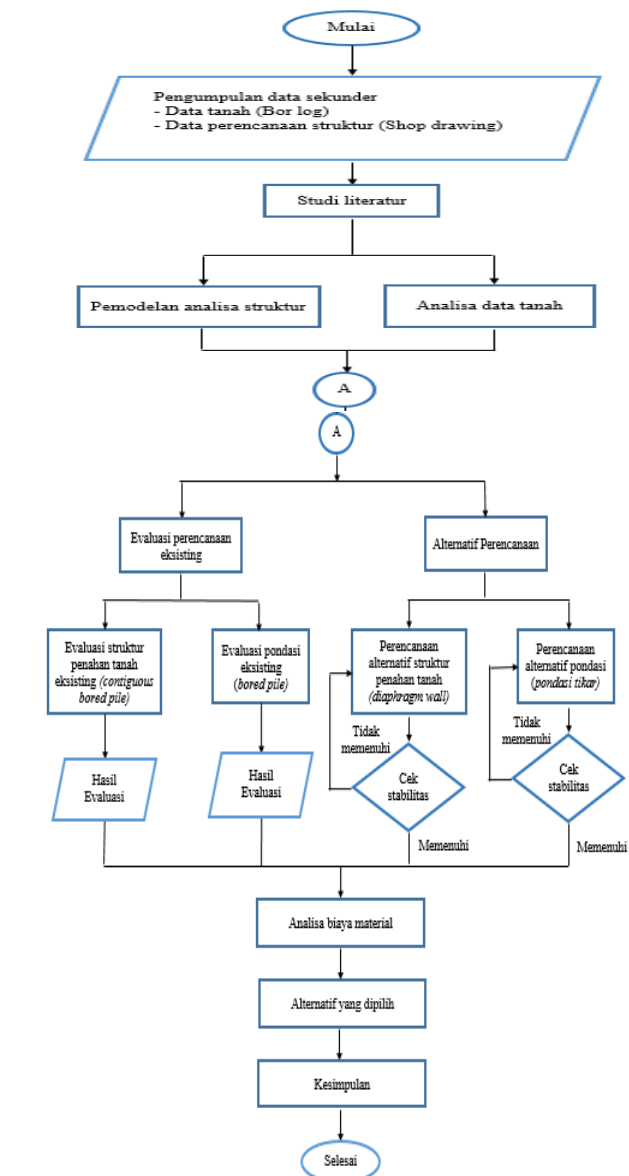
Abstrak—Provinsi Bali merupakan provinsi mengalami pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang cukup pesat, untuk itu kebutuhan akan fasilitas kegiatan ekonomi juga semakin meningkat. Untuk menjawab kebutuhan tersebut Bank Mandiri memodifikasi gedung yang berlokasi di Jl. Surapati No.15 – 17, Denpasar, Bali menjadi gedung setinggi tiga lantai dengan dua lantai basement. Pada perencanaan pondasi eksisting direncanakan bored pile dengan diameter 0,8 meter. Evaluasi yang dilakukan yaitu kontrol daya dukung dan kontrol lateral. Berdasarkan evaluasi perencanaan eksisting didapatkan 2 titik pile yang tidak memenuhi terhadap kontrol lateral. Selanjutnya sebagai alternatif perencanaan pondasi direncanakan pondasi tika dengan tebal pondasi sebesar tiga meter. Berdasarkan perhitungan daya dukung pondasi dangkal, didapati daya dukung tanah mampu menahan beban bangunan di atasnya. Kemudian, evaluasi dilakukan pada perencanaan contiguous bored pile sebagai struktur perencanaan. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa struktur penahan pada area luar STP tidak mampu menahan momen akibat beban tanah dan tidak memenuhi syarat defleksi. Selain itu, pada area STP diketahui bahwa struktur penahan tidak memenuhi syarat kedalaman penurapan sehingga berpotensi mengalami kegagalan akibat heave. Setelah itu dilakukan alternatif perencanaan struktur penahan tanah berupa diaphragm wall dengan ketebalan dinding sebesar 0,6 meter dan dilengkapi oleh strut baja yang bertujuan untuk mengurangi momen dan defleksi yang diterima struktur penahan tanah.

Kata Kunci—Beton Bertulang, Beton Prategang, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

I. PENDAHULUAN

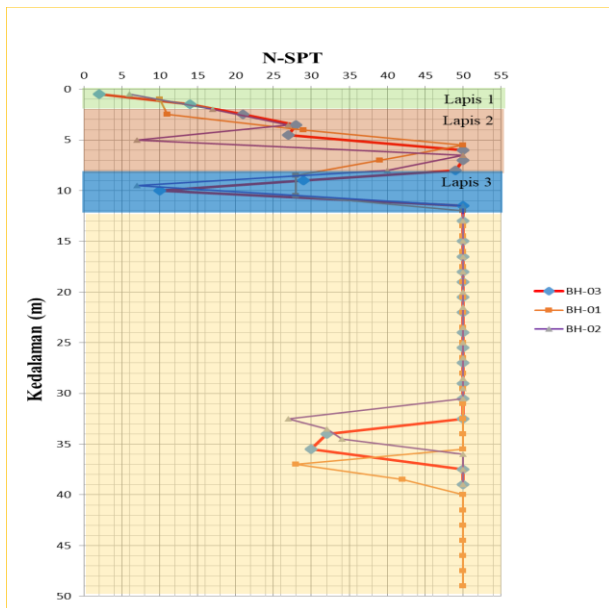
PROVINSI Bali adalah sebuah provinsi yang terletak pada kepulauan sunda kecil dengan luas wilayah sebesar 5.780,06 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 4.336.900 jiwa pada tahun 2019. Provinsi Bali tercatat mengalami pertumbuhan populasi sebesar 2,1% per tahun, dan ekonomi sebesar 6,3% per tahun. Perkembangan Provinsi Bali yang cukup pesat tersebut tentunya perlu didukung oleh fasilitas-fasilitas pendukung kegiatan perekonomian, salah satunya adalah Bank. Untuk menjawab kebutuhan tersebut, Bank Mandiri melakukan modifikasi gedung pada kantor cabang Denpasar. Gedung Menara Mandiri Denpasar yang disingkat GMMD berlokasi di Jl. Surapati No.15 – 17, Denpasar, Bali. Gedung tersebut berada di area perkotaan yang cukup padat dan terletak diantara beberapa fasilitas umum seperti sekolah, rumah ibadah, pertokoan, dan bank.

Pada perencanaan basement gedung tersebut, digunakan konstruksi penahan tanah berupa *contiguous bored pile* ϕ 800mm dengan *cement bentonite* ϕ 600mm dengan kedalaman penanaman hingga 13,5 meter pada area luar *sewage treatment plant* (STP) dan 18 meter pada area STP. Konstruksi penahan tanah tersebut juga dilengkapi dengan

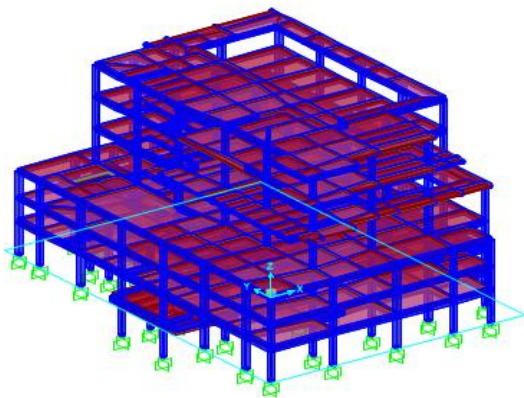


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan.

strut baja dengan profil WF 400.400.13.21. Untuk perencanaan pondasi, digunakan *bore pile* dengan diameter 800 mm Pembangunan gedung dengan basement seperti yang telah disebutkan di atas tentunya perlu memperhatikan kondisi tanah di lapangan. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang dilakukan, diketahui bahwa jenis tanah pada lokasi proyek ini dominan pasir dengan NSPT > 50 pada kedalaman 10 meter dan muka air tanah terdapat pada kedalaman sekitar 3,5 – 5 meter dibawah muka tanah, pengambilan data tanah dilakukan pada musim kemarau sehingga perencanaan yang dilakukan akan ditinjau terhadap



Gambar 2. Grafik NSPT VS Kedalaman.



Gambar 3. Tampilan 3D Pemodelan Struktur.

dua kondisi yaitu muka air eksisting dan muka air pada muka tanah.

Dalam jurnal ini, direncanakan struktur penahan tanah berupa *diaphragm wall* sedangkan untuk perencanaan pondasinya menggunakan pondasi tikar. Diharapkan alternatif perencanaan yang dipilih merupakan alternatif yang efektif dan efisien serta dapat diaplikasikan tanpa merusak struktur disekitarnya.

II. METODOLOGI

A. Diagram Alir

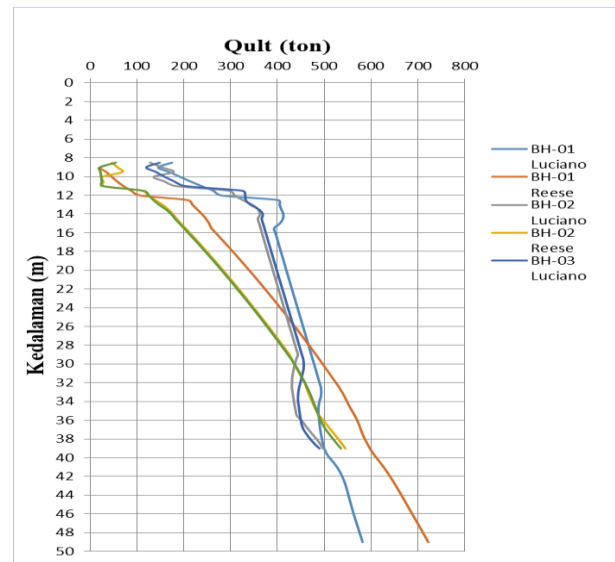
Dalam penelitian ini digunakan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1.

III. PETUNJUK TAMBAHAN

A. Analisa Data Tanah

Pada lokasi proyek terdapat 3 titik bor yaitu BH-01, BH-02, BH-03. Data tanah tersebut berupa data SPT (Standard Penetration Test) sampai kedalaman 50 m untuk BH-01 dan kedalaman 39 m. Berikut ditampilkan grafik NSPT tiap kedalaman pada Gambar 2.

Kemudian Berdasarkan nilai NSPT tersebut, dilakukan rekapitulasi dan korelasi parameter tanah. Korelasi dilakukan



Gambar 4. Grafik Daya Dukung Bored Pile (D800 mm).

dengan menggunakan tabel korelasi menurut Das dan Look [1-2]. Tabel 1 merupakan hasil rekapitulasi dan korelasi parameter tanah.

B. Pemodelan Analisa Struktur

Pemodelan analisa struktur dilakukan untuk mengetahui reaksi gaya yang dipikul oleh struktur bawah yang ditunjukkan pada Gambar 3.

C. Evaluasi Pondasi Eksisting (Bored Pile)

Pada perencanaan eksisting, dilakukan evaluasi perencanaan dengan mengacu pada SNI 8460:2017 [3].

1) Daya Dukung Bored Pile

Grafik daya dukung *bored pile* dapat dilihat pada Gambar 4.

2) Kontrol Aksial Bored Pile

Hasil rekapitulasi kontrol aksial ditunjukkan pada Tabel 2.

3) Kontrol Lateral Bored Pile

Hasil rekapitulasi kontrol lateral *bored pile* berupa kontrol defleksi pada Tabel 3 dan kontrol momen pada Tabel 4.

4) Settlement Bored Pile

Hasil rekapitulasi kontrol *settlement* pada *bored pile* ditampilkan pada Tabel 5.

5) Kontrol Uplift Bored Pile

Berikut adalah hasil kontrol uplift pada pondasi *bored pile*:

$$SF = \frac{W_{struktur} + W_{pondasi} + Q_s}{Q_{uplift}} \tag{1}$$

$$SF = \frac{8762,78 + 1793,27 + 7986,64}{11761,8}$$

$$SF = 1,576 > 1,5 \text{ (OK)}$$

D. (Pondasi Tikar)

Perencanaan alternatif pondasi (pondasi tikar dilakukan dengan mengacu pada *Principles of Foundation Engineering* [1].

1) Kontrol Daya Dukung Pondasi Tikar

Hasil rekapitulasi kontrol daya dukung pondasi tikar disajikan pada Tabel 6.

Tabel 1.
Korelasi Data Tanah

Kedalaman (m)	Jenis Tanah		NSPT		Consistency/state		
0,0-2,0	Lanau berpasir		5		soft		
2,0-8,0	Pasir Berkerikil		25		medium		
8,0-12,0	Lanau Berlempung		16		stiff		
12,0-40,0	Pasir Halus		45		dense		
Kedalaman (m)	□ _{sat} kN/m ³	□ _{dry} kN/m ³	e ₀	C _v cm ² /s	C _v m ² /th	LL (%)	cc
0,0-2,0	17,0	11,1	1,4	0,00061	1,94	87,09	0,65
2,0-8,0	16,9	11,1	1,5	-	-	-	-
8,0-12,0	18,0	12,7	1,1	0,00077	2,42	83,87	0,54
12,0-40,0	21,0	17,7	0,5	-	-	-	-
Kedalaman (m)	cs	□	□'	Cu (kPa)	c' (kPa)	Poisson Ratio (□)	Es (KN/m ²)
0,0-2,0	0,33	10	7	17,5	11,7	0,3	13800
2,0-8,0	-	44	30	-	-	0,3	22425
8,0-12,0	0,27	20	13	20	13,3	0,4	69000
12,0-40,0	-	40	27	-	-	0,45	44850

Tabel 2.
Rekapitulasi Hasil Kontrol Aksial Bored Pile

Pile Cap	Pmax	Luciano	Kontrol	Reese	Kontrol	Pbahan	Kontrol
PC-8	42,26	104,09	OK	89,97	OK	166	OK
PC-11	17,14	97,88	OK	84,60	OK	166	OK
PC3D	30,14	108,86	OK	70,96	OK	166	OK
PC3C-1	30,34	108,86	OK	70,96	OK	166	OK
PC3C-2	33,06	108,86	OK	70,96	OK	166	OK
PC7-1	19,91	82,81	OK	53,98	OK	166	OK
PC7-2	23,83	82,81	OK	53,98	OK	166	OK
PC3-E	59,39	100,23	OK	65,33	OK	166	OK
PC3	4,60	110,67	OK	72,13	OK	166	OK
PC3A	3,72	105,72	OK	68,91	OK	166	OK
PC15-1	29,14	93,83	OK	61,16	OK	166	OK
PC15-2	31,39	86,27	OK	56,23	OK	166	OK
PC15A	24,08	86,27	OK	56,23	OK	166	OK
PC3B	18,00	105,72	OK	68,91	OK	166	OK
PC10	30,46	92,51	OK	60,30	OK	166	OK
PC5	14,31	101,35	OK	66,06	OK	166	OK
PC3F	12,70	103,70	OK	67,59	OK	166	OK
PC3G	38,52	106,60	OK	69,48	OK	166	OK
PC5A	37,41	108,86	OK	70,96	OK	166	OK
PC6	21,55	95,95	OK	62,54	OK	166	OK
PC4	19,81	100,26	OK	65,35	OK	166	OK
PC3H	26,40	105,72	OK	68,91	OK	166	OK
PC1	43,93	132,98	OK	102,20	OK	166	OK

2) Penulangan Pondasi Tikar

Direncanakan pondasi tikar dengan tebal pelat sebesar 3 meter. Berdasarkan perhitungan, diperoleh:

- Tulangan arah X: D32-100
- Tulangan arah Y: D32-100

3) Kontrol Penurunan Pondasi Tikar

Hasil rekapitulasi kontrol penurunan pondasi tikar disajikan pada Tabel 7.

4) Kontrol Uplift Pondasi Tikar

Berikut adalah hasil kontrol uplift pada pondasi tikar:

$$SF = \frac{W_{struktur} + W_{pondasi}}{Q_{uplift}}$$

$$SF = \frac{8762,78 + 17643}{11761,8} \quad (2)$$

$$SF = 1,65 > 1,5 \text{ (OK)}$$

E. Tanah (Contiguous Bored Pile)

1) Evaluasi Area Luar STP

Berikut beberapa kontrol yang dilakukan pada evaluasi struktur penahan tanah:

- Kontrol Heave

$$SF = 1,25$$

Maka,

$$\frac{3,65}{D_c} \times 1,25 < \frac{8,13}{10}$$

$$D_c > 5,61 \text{ m} \quad (3)$$

$$D_{Penurunan} = \text{Panjang pile} - \text{Kedalaman Galian}$$

$$D_{Penurunan} = 13,5 - 4,15$$

$$D_{Penurunan} = 9,35 \text{ m (OK)}$$

- Kontrol Geser, Momen, dan Defleksi
Berdasarkan hasil *output Geo5* diperoleh:

$$V_u = 686,99 \text{ KN/m} > 584,2 \text{ KN/m (NOT OK)}$$

$$M_u = 1684,04 \text{ KNm/m} > 948,33 \text{ KNm (NOT OK)} \quad (4)$$

$$\Delta_{ijin} = 20,75 \text{ mm}$$

$$\Delta_{maks} = 244,6 \text{ mm} > 20,75 \text{ mm (NOT OK)}$$

- Kontrol Overall Stability
Berdasarkan hasil *output Geo5* diperoleh:

$$SF = 2,48 > 1,5 \text{ (OK)} \quad (5)$$

Tabel 3.
Rekapitulasi Hasil Kontrol Defleksi *Bored Pile*

Pilecap	Ux	Ket	Uy	Ket
PC-8	0,01	OK	-0,03	OK
PC-11	0,01	OK	0,00	OK
PC3D	0,04	OK	0,13	OK
PC3C-1	0,04	OK	0,05	OK
PC3C-2	0,03	OK	0,09	OK
PC7-1	0,01	OK	0,06	OK
PC7-2	0,01	OK	0,07	OK
PC3E	-0,02	OK	0,16	OK
PC3	0,10	OK	-0,01	OK
PC3A	0,08	OK	0,33	OK
PC15-1	0,06	OK	0,04	OK
PC15-2	0,07	OK	0,01	OK
PC15A	0,09	OK	0,05	OK
PC3B	0,08	OK	0,18	OK
PC10	0,09	OK	0,17	OK
PC5	-0,15	OK	0,20	OK
PC3F	0,10	OK	0,32	OK
PC3G	0,24	OK	-0,09	OK
PC5A	-0,31	OK	-0,10	OK
PC6	0,42	OK	0,04	OK
PC4	-0,21	OK	-0,12	OK
PC3H	0,03	OK	0,10	OK
PC1	0,86	OK	-0,60	OK

Tabel 4.
Rekapitulasi Hasil Kontrol Momen *Bored Pile*

Pilecap	Mx	Kontrol	My	Kontrol
PC-8	0,48	OK	-2,73	OK
PC-11	0,92	OK	-0,01	OK
PC3D	3,54	OK	10,83	OK
PC3C-1	3,51	OK	3,80	OK
PC3C-2	2,11	OK	7,78	OK
PC7-1	1,14	OK	4,78	OK
PC7-2	1,24	OK	5,65	OK
PC3E	-1,92	OK	13,03	OK
PC3	8,70	OK	-0,63	OK
PC3A	6,48	OK	27,63	NOT OK
PC15-1	5,17	OK	3,51	OK
PC15-2	6,15	OK	0,62	OK
PC15A	7,29	OK	4,55	OK
PC3B	7,09	OK	14,99	OK
PC10	7,52	OK	13,82	OK
PC5	-12,68	OK	16,47	OK
PC3F	8,09	OK	26,39	NOT OK
PC3G	20,48	OK	-7,70	OK
PC5A	-26,20	NOT OK	-8,62	OK
PC6	34,70	NOT OK	3,03	OK
PC4	-17,83	OK	-9,63	OK
PC3H	2,77	OK	8,33	OK
PC1	72,09	NOT OK	-50,56	NOT OK

2) Evaluasi Area STP

Berikut beberapa kontrol yang dilakukan pada evaluasi struktur penahan tanah:

- Kontrol Heave

$$SF = 1,25$$

Maka,

$$\frac{8,75}{D_c} \times 1,25 < \frac{8,53}{10}$$

$$D_c > 12,82 \text{ m}$$

(6)

$$D_{\text{Penurapan}} = \text{Panjang pile} - \text{Kedalaman Galian}$$

$$D_{\text{Penurapan}} = 18,0 - 9,1$$

$$D_{\text{Penurapan}} = 8,9 \text{ m (NOT OK)}$$

- Kontrol Geser, Momen, dan Defleksi

Berdasarkan hasil *output Geo5* diperoleh:

Tabel 5.
Rekapitulasi Kontrol *Settlement Bored Pile*

Pilecap	Lebar (cm)	Defleksi Terjadi (cm)	Defleksi Ijin (cm)	Ket
PC-8	400	5,98	15,67	OK
PC-11	480	5,98	15,80	OK
PC3D	160	5,98	15,27	OK
PC3C-1	160	5,98	15,27	OK
PC3C-2	160	5,98	15,27	OK
PC7-1	400	5,98	15,67	OK
PC7-2	400	5,98	15,67	OK
PC3-E	160	5,98	15,27	OK
PC3	160	5,98	15,27	OK
PC3A	160	5,98	15,27	OK
PC15-1	400	5,98	15,67	OK
PC15-2	400	5,98	15,67	OK
PC15A	400	5,98	15,67	OK
PC3B	160	5,98	15,27	OK
PC10	400	5,98	15,67	OK
PC5	500	5,98	15,83	OK
PC3F	160	5,98	15,27	OK
PC3G	160	5,98	15,27	OK
PC5A	400	5,98	15,67	OK
PC6	400	5,98	15,67	OK
PC4	400	5,98	15,67	OK
PC3H	160	5,98	15,27	OK
PC1	280	5,98	15,47	OK

$$V_u = 407,14 \text{ KN/m} > 548,167 \text{ KN/m (OK)}$$

$$M_u = 684,99 \text{ KNm/m} > 895 \text{ KNm (OK)}$$

(7)

$$\Delta_{\text{ijin}} = 45,5 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{maks}} = 15,9 \text{ mm} > 45,5 \text{ mm (OK)}$$

- Kontrol *Overall Stability*

Berdasarkan hasil *output Geo5* diperoleh:

$$SF = 1,63 > 1,5 \text{ (OK)}$$

(8)

F. Alternatif Konstruksi Penahan Tanah (*Diaphragm Wall*)

1) Alternatif Area Luar STP

- Kontrol Heave

Berdasarkan perhitungan, diperoleh:

$$D_{\text{penurapan}} = 9,13 \text{ m} > 6,55 \text{ m (OK)}$$

(9)

- Kontrol Defleksi

Berdasarkan *output Geo5* diperoleh:

$$\text{Defleksi} = 6,0 \text{ m} > 20,75 \text{ m (OK)}$$

(10)

- Desain Penulangan *Diaphragm Wall*

Berdasarkan *output Geo5* diperoleh:

$$M_u = 294,14 \text{ KNm/m}$$

$$V_u = 188,65 \text{ KNm/m}$$

(11)

Dari gaya-gaya dalam tersebut dilakukan desain penulangan *diaphragm wall*. Berikut adalah hasil rekapitulasi penulangan yang dilakukan:

- Tulangan vertikal = D22-250

- Tulangan horizontal = D19-250

2) Alternatif Area STP

- Kontrol Heave

Berdasarkan perhitungan, diperoleh:

$$D_{\text{penurapan}} = 9,13 \text{ m} > 6,55 \text{ m (OK)}$$

(12)

- Kontrol Defleksi

Berdasarkan *output Geo5* diperoleh:

$$\text{Defleksi} = 15,2 \text{ m} > 45,5 \text{ m (OK)}$$

(13)

Tabel 6.
Rekapitulasi Kontrol Daya Dukung Pondasi Tikar

Titik	x m	y m	q ton/m ²	Kontrol
A-1	-16,72	-24,60	8,02	OK
B-1	-16,72	-19,70	8,06	OK
C-1	-16,72	-11,70	8,12	OK
D-1	-16,72	-6,44	8,16	OK
E-1	-16,72	4,30	8,24	OK
F-1	-16,72	12,30	8,30	OK
G-1	-16,72	20,30	8,37	OK
H-1	-16,72	24,30	8,40	OK
A-2	-7,97	-24,60	8,50	OK
B-2	-7,97	-19,70	8,54	OK
C-2	-7,97	-11,70	8,60	OK
D-2	-7,97	-6,44	8,65	OK
E-2	-7,97	4,30	8,73	OK
F-2	-7,97	12,30	8,79	OK
G-2	-7,97	20,30	8,85	OK
H-2	-7,97	24,30	8,88	OK
A-4	-0,58	-24,60	8,91	OK
B-4	-0,58	-19,70	8,95	OK
C-4	-0,58	-11,70	9,01	OK
D-4	-0,58	-6,44	9,06	OK
E-4	-0,58	4,30	9,14	OK
F-4	-0,58	12,30	9,20	OK
G-4	-0,58	20,30	9,26	OK
H-4	-0,58	24,30	9,29	OK
A-5	9,03	-24,60	9,45	OK
B-5	9,03	-19,70	9,49	OK
C-5	9,03	-11,70	9,55	OK
D-5	9,03	-6,44	9,59	OK
E-5	9,03	4,30	9,67	OK
F-5	9,03	12,30	9,74	OK
G-5	9,03	20,30	9,80	OK
H-5	9,03	24,30	9,83	OK
A-	14,26	-24,60	9,74	OK
B-6	17,03	-19,70	9,93	OK
C-6	17,03	-11,70	9,99	OK
D-6	17,03	-6,44	10,03	OK
E-6	17,03	4,30	10,12	OK
F-6	17,03	12,30	10,18	OK
G-6	17,03	20,30	10,24	OK
H-6	17,03	24,30	10,27	OK

Tabel 7.
Rekapitulasi Kontrol Penurunan Pondasi Tikar

Titik	q(ton/m ²)	sc (cm)	sc ijin (cm)	Ket
A-1	8,02	5,82	20,63	OK
B-1	8,06	5,85	20,63	OK
C-1	8,12	5,89	20,63	OK
D-1	8,16	5,91	20,63	OK
E-1	8,24	5,97	20,63	OK
F-1	8,30	6,01	20,63	OK
G-1	8,37	6,05	20,63	OK
H-1	8,40	6,07	20,63	OK
A-2	8,50	6,13	20,63	OK
B-2	8,54	6,16	20,63	OK
C-2	8,60	6,20	20,63	OK
D-2	8,65	6,22	20,63	OK
E-2	8,73	6,28	20,63	OK
F-2	8,79	6,32	20,63	OK
G-2	8,85	6,36	20,63	OK
H-2	8,88	6,38	20,63	OK
A-4	8,91	6,39	20,63	OK
B-4	8,95	6,42	20,63	OK
C-4	9,01	6,46	20,63	OK
D-4	9,06	6,48	20,63	OK
E-4	9,14	6,54	20,63	OK
F-4	9,20	6,58	20,63	OK
G-4	9,26	6,61	20,63	OK
H-4	9,29	6,63	20,63	OK
A-5	9,45	6,73	20,63	OK
B-5	9,49	6,75	20,63	OK
C-5	9,55	6,79	20,63	OK
D-5	9,59	6,82	20,63	OK
E-5	9,67	6,87	20,63	OK
F-5	9,74	6,91	20,63	OK
G-5	9,80	6,95	20,63	OK
H-5	9,83	6,96	20,63	OK
A-	9,74	6,91	20,63	OK
B-6	9,93	7,03	20,63	OK
C-6	9,99	7,07	20,63	OK
D-6	10,03	7,09	20,63	OK
E-6	10,12	7,14	20,63	OK
F-6	10,18	7,18	20,63	OK
G-6	10,24	7,22	20,63	OK
H-6	10,27	7,24	20,63	OK

- Desain Penulangan *Diaphragm Wall*
Berdasarkan *output Geo5* diperoleh:

$$\begin{aligned} \mu_u &= 648,14 \text{ KNm/m} \\ \nu_u &= 188,65 \text{ KNm/m} \end{aligned} \tag{14}$$

Dari gaya-gaya dalam tersebut dilakukan desain penulangan *diaphragm wall*. Berikut adalah hasil rekapitulasi penulangan yang dilakukan:

- Tulangan vertikal = D32-150
- Tulangan horizontal = D19-250

G. Analisa Biaya

Berdasarkan perencanaan eksisting dan perencanaan alternatif yang telah dilakukan. Berikut adalah rekapitulasi hasil analisa biaya pada tiap perencanaan ditampilkan pada Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10 dan Tabel 11.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan perumusan masalah, maka dapat disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut: (1) Evaluasi terhadap perencanaan eksisting pondasi menunjukkan hasil sebagai berikut: (a) Kontrol daya dukung tanah telah memenuhi syarat; (b) Kontrol defleksi pada pondasi telah memenuhi, namun kontrol terhadap momen lateral tidak memenuhi; (c) Kontrol settlement dan uplift pada pondasi telah memenuhi;

(d) Biaya material pondasi bored pile sebesar Rp. 3.947.367.110. (2) Evaluasi terhadap perencanaan eksisting contiguous bored pile menunjukkan hasil sebagai berikut: (a) Kontrol kekuatan penampang terhadap momen, geser dan kontrol defleksi untuk area luar STP tidak memenuhi; (b) Kontrol heave pada area luar STP telah memenuhi; (c) Kontrol kekuatan penampang terhadap momen dan kontrol defleksi untuk area STP telah memenuhi; (d) Kontrol heave pada area STP tidak memenuhi; (e) Biaya material contiguous bored pile sebesar Rp. 4.476.342.346. (3) Alternatif perencanaan pondasi tikar menunjukkan hasil sebagai berikut: (a) Kontrol daya dukung tanah terhadap beban telah memenuhi syarat; (b) Kontrol terhadap settlement dan uplift pada pondasi telah memenuhi; (c) Biaya material pondasi tikar sebesar Rp 22.129.338.358. (4) Alternatif perencanaan diaphragm wall menunjukkan hasil sebagai berikut: (a) Direncanakan diaphragm wall dengan tebal dinding 0,5 meter dan dilengkapi dengan strut WF 400.400.13.21 dengan spacing 4 meter pada area luar STP; (b) Kontrol defleksi dan heave pada diaphragm wall area luar STP telah memenuhi; (c) Direncanakan diaphragm wall dengan tebal dinding 0,5 meter dan dilengkapi dengan strut WF 400.400.13.21 dengan spacing 2 meter pada area STP; (d) Kontrol defleksi dan heave pada diaphragm wall area STP telah memenuhi; (e) Total biaya yang diperlukan untuk material diaphragm wall sebesar Rp 3.371.325.886. (5) Berdasarkan efektifitas dan efisiensinya, perencanaan yang

Tabel 8.
Analisa Biaya *Bored Pile*

Material	Volume	Pondasi Eksisting <i>Bored Pile</i>		Biaya(Rp)
		Satuan	Harga Satuan	
Beton K-300	747,20	m3	Rp 860.000	Rp 642.588.901
Tulangan D25	80342,55	kg	Rp 9.522	Rp 764.993.247
Tulangan D13	30667,66	kg	Rp 9.300	Rp 285.209.253
Total (Rp)				Rp 1.692.791.401

Tabel 9.
Analisa Biaya *Contiguous Bored Pile*

Material	Volume	Struktur Penahan <i>Contiguous Bored Pile</i>		Biaya(Rp)
		Satuan	Harga Satuan	
Beton K-300	830,13	m3	Rp 860.000	Rp 713.915.621
Tulangan D25	102880,85	kg	Rp 9.522	Rp 979.594.949
Tulangan D13	21572,38	kg	Rp 9.300	Rp 200.623.108
Bentonite	466,95	m3	Rp 22.000	Rp 10.272.914
Strut WF 400.400	56,70	m	Rp1.023.050	Rp 58.006.935
Total (Rp)				Rp 1.962.413.527

Tabel 10.
Analisa Biaya Pondasi Tikar

Material	Volume	Alternatif Pondasi Tikar		Biaya(Rp)
		Satuan	Harga Satuan	
Beton K-300	4900,73	m3	Rp 860.000	Rp 4.214.629.950
Tulangan D32	416775,44	kg	Rp 9.385	Rp 3.911.429.562
Total (Rp)				Rp 8.126.059.512

Tabel 11.
Analisa Biaya *Diaphragm Wall*

Material	Volume	Struktur Penahan <i>Diaphragm Wall</i>		Biaya(Rp)
		Satuan	Harga Satuan	
Beton K-300	755,6	m3	Rp 860.000	Rp 649.816.000
Tulangan D32	6363,851353	kg	Rp 9.385	Rp 59.724.623
Tulangan D22	20291,48412	kg	Rp 9.405	Rp 190.841.975
Tulangan D19	13315,94859	kg	Rp 9.463	Rp 126.004.648
Strut WF 400.400	247,1	m	1023050	Rp 252.795.655
Total (Rp)				Rp 1.279.182.901

dipilih adalah alternatif diaphragm wall sebagai struktur penahan tanah dan pondasi eksisting bored pile meskipun beberapa pile perlu dilakukan penambahan jumlah pile dan perubahan konfigurasi pile pada area yang belum memenuhi syarat pada kontrol momen lateral.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. M. Das and N. Sivakugan, *Principles of Foundation Engineering*, 9th ed. United States: Cengage Learning, 2018.
- [2] B. G. Look, *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*, 1st ed. London: Taylor & Francis Group, 2007.
- [3] B. S. Nasional, "SNI 8460: 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik," Jakarta Badan Stand. Nas., 2017.