



Desain Ulang Dinding Penahan Tanah Menggunakan Dinding Diafragma dan Angkur pada Tanah Lunak (Studi Kasus: Grand Dharmahusada Lagoon)¹

Redesign Retaining Wall Using Diaphragm Wall and Ground Anchor in Soft Soil (Case Study: Grand Dharmahusada Lagoon)

Tiara Maharani^{a,2}, Indra Nurtjahjaningtyas^b, Luthfi Amri Wicaksono^b

^a Program Studi S-1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRAK

Pada beberapa kasus, pekerjaan dinding basement masih sering mengalami kegagalan konstruksi dengan berbagai macam penyebab. Salah satu diantaranya pada proyek pekerjaan dinding basement apartemen dan mall Grand Dharmahusada Lagoon. Dinding basement yang direncanakan diawal ternyata tidak cukup kuat untuk menahan pergerakan lateral tanah. Telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan merencanakan ulang dinding penahan tanah menggunakan dinding diafragma dan sistem penunjang angkur tanah. Kemudian didapatkan hasil yaitu penggunaan dinding diafragma mampu memperkecil displacement yang terjadi pada dinding. Namun penelitian sebelumnya hanya melakukan tinjauan pada ketebalan dinding diafragma. Penelitian ini menambahkan jumlah angkur sebagai variabel penelitian untuk mencari kombinasi yang efektif dan efisien. Penelitian ini membandingkan pengaruh penggunaan dimensi dinding diafragma dengan jumlah angkur yang berbeda terhadap nilai deformasi dan faktor keamanan. Berdasarkan hasil analisa menggunakan PLAXIS V8.6, pada ketebalan dinding 1,75 m dengan kedalaman 33 m menggunakan 3 angkur terjadi deformasi sebesar 3,63 m sedangkan dengan penggunaan 4 angkur terjadi deformasi 2,37 m. Selisih deformasi yang terjadi sebesar 1,26 m. Direncanakan ulang untuk penempatan angkur, dimensi dinding pada jumlah angkur yang sama maka didapatkan hasil deformasi berkurang hingga 15,81 cm dengan faktor keamanan 1,3.

Kata kunci: dinding diafragma, angkur tanah, deformasi, faktor keamanan, Plaxis

ABSTRACT

In some cases, basement wall work still often occurs as a construction failure with a variety of causes. One of them is a basement construction project for an apartment and mall in Grand Dharmahusada Lagoon. The first plan of the basement wall didn't strong enough to resist a lateral movement of the soil. The previous studies have been carried out by redesigning the retaining wall using a diaphragm wall and ground anchor as a support system. The results are obtained that the use of diaphragm walls can decrease the value of displacement that occurs on the wall. However, previous studies have only conducted a review of the diaphragm wall thickness. This study adds several numbers of anchors as research variables to find effective and efficient combinations. This study compares the effect of diaphragm wall dimensions with a different number of anchors on the deformation value and safety factor. Based on the results of the study, a wall thickness of 1.75 m with a depth of 33 m using 3 anchors a deformation occurred are 3.63 m while using 4 anchors a deformation occurred are 2.37 m. The difference in deformation is 1.26 m. Because the value of deformation was still large, it carried out a re-design for the anchor position, and diaphragm wall dimension with the same number of anchors, and the deformation results were reduced to 15.81 cm with a safety factor of 1.3.

Keywords: diaphragm wall, ground anchor, deformation, safety factor, Plaxis

¹ Info Artikel: Received: 30 Juli 2020, Accepted: 23 April 2022.

² Corresponding Author: Tiara Maharani, maharanitiara5@gmail.com.

PENDAHULUAN

Pembangunan gedung tinggi di Indonesia menjadi pilihan solutif untuk memperkecil penggunaan lahan pada daerah padat bangunan (Wibisono dan Zayadi, 2012). Sebagian besar gedung tinggi memiliki lantai basement yang digunakan sebagai lahan parkir. Pada pekerjaan basement dibutuhkan dinding penahan tanah yang mampu menerima tekanan tanah. Namun pada beberapa kasus pekerjaan lantai basement terjadi kegagalan konstruksi yang akhirnya menghambat pekerjaan konstruksi lainnya. Salah satu kasus kegagalan konstruksi pekerjaan lantai basement terjadi pada proyek Grand Dharmahusada Lagoon. Hal tersebut diakibatkan oleh perencanaan dinding penahan tanah yang digunakan tidak cukup kuat menahan pergerakan lateral tanah (Hardianto, 2021). Selain itu permasalahan lain terletak pada kondisi tanah proyek yang merupakan tanah berkadar air tinggi sehingga memiliki daya dukung rendah.

Dalam upaya mencari solusi, perencanaan ulang dinding penahan tanah menggunakan dinding diafragma dan perkuatan tambahan ankur tanah diharapkan mampu menambah kekuatan dinding untuk menahan tekanan tanah dan mengurangi risiko kegagalan konstruksi. Variabel penelitian terdiri atas variasi dimensi dinding diafragma dan jumlah ankur yang berbeda. Hal ini bertujuan menemukan kombinasi yang kuat dengan membandingkan penggunaan variasi dimensi dinding dan jumlah ankur yang berbeda terhadap nilai deformasi yang terjadi dan faktor keamanan dinding. Analisa dilakukan dengan menggunakan program bantu PLAXIS V8.6.

METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan pertama adalah mengidentifikasi masalah yang terjadi. Selanjutnya dengan data tanah yang ada dilakukan pengolahan parameter yang dibutuhkan dan juga menggambar layout lokasi penelitian. Data Tanah yang digunakan merupakan data sekunder. Tahap selanjutnya dilakukan *pre-eliminatory design* dari *diaphragm wall* dengan asumsi ketebalan minimumnya 5% dari kedalaman galian (Ou, 2006). Selanjutnya diperhitungkan kedalaman jepit dari dinding dengan cara menghitung tegangan aktif dan pasif yang terjadi (Das, 1985) dan dilanjutkan dengan *pre-eliminatory ground anchor*. Setelah itu dilakukan control angka keamanan dan juga penurunan dengan menggunakan program PLAXIS. Tahap terakhir dilakukan pengambilan kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Tanah

Data tanah yang dibutuhkan dalam penelitian terdiri atas berat jenis tanah (γ), kuat geser tanah (C_u), sudut geser (ϕ), poisson ratio (μ), dan Modulus Young (E_s). Parameter tersebut merupakan hasil analisa nilai uji SPT melalui perhitungan dan pendekatan statistik sederhana dengan menggunakan beberapa korelasi antara lain korelasi dari Mochtar (2012), dan Bowles (1991) yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter tanah

Jenis Tanah Dominan	Kedalaman (m)		Lapisan	N-SPT rata-rata	Cu (KN/m ²)	y sat (KN/m ³)	Ø	μ	Es (KN/m ²)	Konsistensi
	dari	sampai								
Lempung Berlanau	0.0	- 1.0	1	1.00	5.00	15.0	0	0.2	5250	Sangat Lunak
Lempung Berlanau	1.0	- 13.0		1.00	5.00	14.5	0	0.45	5250	Sangat Lunak
Lanau Berlempung Berpasir	13.0	- 24.0	2	12.33	61.67	17.9	0	0.25	11052.63	Kaku
Pasir Berlanau	24.0	- 29.5	3	29.33	0	20.9	36	0.25	24473.68	Kaku
Lanau Berlempung	29.5	- 33.8	4	30.50	152.50	22.1	0	0.325	61000	Sangat Keras
Lempung Berlanau Berpasir	33.8	- 46.0	5	20.33	101.67	20.1	0	0.45	40666.67	Sangat Keras
Pasir Berlanau	46.0	- 50.5	6	50.00	0	22.5	40	0.25	81000	Sangat Kaku

Kedalaman penetrasi dinding dapat ditentukan melalui analisa push in, dimana dinding dianggap sebagai *free body* dan tekanan-tekanan tanah yang bekerja pada dinding dalam keadaan seimbang. Dari hasil analisa ini, kedalaman penetrasi dinding yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan faktor keamanan $SF \geq 1,5$. Berikut tabel perhitungan kedalaman penetrasi dinding (H_p) menggunakan variabel faktor keamanan rencana (F_b) sehingga menghasilkan momen aktif terhadap dinding (M_d) dan momen pasif terhadap dinding (M_r) dengan perhitungan analisa *push in*.

Tabel 2. Perhitungan kedalaman minimal penetrasi dinding

Fb		1,5	
Md	1357,99 + 640,65	Hp	+ 118,39 Hp ² + 6,38 Hp ³
Mr	67,52 + 205,40	Hp	+ 85,74 Hp ² + 10,66 Hp ³
Total	-1290,47 + -435,25	Hp	+ -32,65 Hp ² + 4,27 Hp ³
Hp			15,477

Fb		1,7	
Md	1539,05 + 726,07	Hp	+ 134,17 Hp ² + 7,24 Hp ³
Mr	67,52 + 205,40	Hp	+ 85,74 Hp ² + 10,66 Hp ³
Total	-1471,53 + -520,67	Hp	+ -48,43 Hp ² + 3,42 Hp ³
Hp			21,963

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 2, kedalaman penetrasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebesar 15,477 m dengan faktor keamanan 1,5 dan 21,963 m dengan faktor keamanan 1,7.

Perencanaan Dinding Diafragma

Ketebalan dinding minimum dihitung 5% dari kedalaman galian (Ou, 2006). Kedalaman galian (H) sedalam 12 m maka ketebalan minimum sebesar 0,6 m. Untuk menambah kekuatan dinding, variasi ketebalan yang digunakan sebesar 1 m, 1,25 m, 1,5 m, 1,75 m seperti pada Tabel 3. Untuk kedalaman dinding keseluruhan hasil perhitung kedalaman galian (H) ditambah kedalaman penetrasi dinding (Hp) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ketebalan dan kedalaman dinding

Ketebalan Dinding		Kedalaman Dinding		
Variasi	Ketebalan (m)	H (m)	Hp (m)	H+Hp (m)
1	1,00	12	16	28
2	1,25	12	21	33
3	1,50			
4	1,75			

Tabel 4 di bawah ini menunjukkan profil dinding diafragma yang dibutuhkan untuk analisa lanjutan menggunakan program bantu PLAXIS V8.6.

Tabel 4 Profil dinding diafragma

			Variasi	Ketebalan Dinding (m)	Luas Penampang (A) m ² /m'	Inersia	w	EA	EI
f _c	30	Mpa							
E	25742,96	Mpa							
γ concrete	24	kN/m ³							
μ	0,2		1	1	1	0,083	24	25742,96	2145,25
			2	1,25	1,25	0,163	30	32178,7	4189,93
			3	1,5	1,5	0,281	36	38614,44	7240,21
			4	1,75	1,75	0,447	42	45050,18	11497,18

Perencanaan Angkur Tanah

Perencanaan angkur tanah terdiri atas desain *free length*, desain *tendon* dan *fixed length*. Jumlah angkur tanah yang dipasang sebanyak 3 angkur dan 4 angkur dengan sudut pemasangan sebesar 35° dan jarak horizontal antar angkur sejauh 2m. Pemasangan 3 angkur pada kedalaman 3m, 6m, dan 9m. Sedangkan untuk pemasangan 4 angkur pada kedalaman 2,5m, 5m, 7m, dan 10m.

Berdasarkan SNI 8460 (2017) mengenai persyaratan perancangan geoteknik, panjang *free length* angkur ditentukan dengan menggambarkan asumsi bidang runtuh dan lintasan angkur desain mengambil sebesar 5 m dari asumsi bidang runtuh. Maka didapatkan panjang *free length angkur* seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Desain *free length* ankur

3 Angkur			4 Angkur		
Angkur	FL (m)	FLdesain (m)	Angkur	FL (m)	FLdesain (m)
1	11,7194	13	1	11,9781	13
2	10,1673	11	2	10,6847	12
3	8,6166	9	3	9,3924	10
			4	8,0997	9

Perencanaan desain *tendon* dan panjang *fixed length* dengan mengasumsikan gaya horizontal ankur terletak pada titik berat diagram tekanan. Maka besar gaya ankur seperti pada tabel 6.

Tabel 6. Gaya dan sudut instalasi ankur

3 Angkur						4 Angkur					
Angkur	P (kN/m)	Θ (°)	Tw	s (m)	Tw (kN)	Angkur	P (kN/m)	Θ (°)	Tw	s (m)	Tw (kN)
1	100	35	122,08	2	244,1549	1	100	35	122,08	2	244,1549
2	100	35	122,08	2	244,5491	2	100	35	122,08	2	244,1549
3	150	35	183,12	2	366,2324	3	100	35	122,08	2	244,1549
						4	150	35	183,12	2	366,2324

Pada ankur digunakan kabel strand berdiameter 12,7 mm dan tegangan tarik *ultimate* sebesar 1.570.000 kN/m². Tegangan tarik izin dihitung menggunakan persamaan:

$$P_w = P_u / F_t \quad (1)$$

Dengan P_w = tegangan tarik izin, P_u = tegangan tarik ultimate, F_t = faktor keamanan desain untuk tendon. Pada Tabel 7 menunjukkan jumlah tendon (n) yang dihitung menggunakan persamaan:

$$n = T_w / P_w \quad (2)$$

Tabel 7. Jumlah kabel *strand prestress* pada ankur

3 Angkur					4 Angkur				
Angkur	Θ (°)	Tw (kN/m)	n strand	n desain	Angkur	Θ (°)	Tw (kN/m)	n strand	n desain
1	35	244,15	2,49	3	1	35	244,15	2,49	3
2	35	244,15	2,49	3	2	35	244,15	2,49	3
3	35	366,23	3,73	4	3	35	244,15	2,49	3
					4	35	366,23	3,73	4

Fixed Bond haruslah dapat menahan beban desain ankur. Dalam menentukan panjang *fixed bond* dapat menggunakan hubungan tahanan geser ultimit dan beban desain ankur yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Jumlah kabel *strand prestress* pada angkur

Jenis Dominan Tanah	Kedalaman (m)	γ' (KN/m ³)	Su (kN/m ²)	δ	$\sigma'v$	Su/ $\sigma'v$	α	Mean α	τ_u	Mean τ_u
Lempung Berlanau N= 1	0	4,69	5,00	-	25,00	0,2	1,00	1	5,00	5
	1	4,69	5,00	-	29,69	0,2	1,00		5,00	
	2	4,69	5,00	-	34,38	0,1	1,00		5,00	
	3	4,69	5,00	-	39,07	0,1	1,00		5,00	
	4	4,69	5,00	-	43,76	0,1	1,00		5,00	
	5	4,69	5,00	-	48,45	0,1	1,00		5,00	
	6	4,69	5,00	-	53,14	0,1	1,00		5,00	
	7	4,69	5,00	-	57,83	0,1	1,00		5,00	
	8	4,69	5,00	-	62,52	0,1	1,00		5,00	
	9	4,69	5,00	-	67,21	0,1	1,00		5,00	
	10	4,69	5,00	-	71,90	0,1	1,00		5,00	
	11	4,69	5,00	-	76,59	0,1	1,00		5,00	
	12	4,69	5,00	-	81,28	0,1	1,00		5,00	
Lanau Berlempung Berpasir N= 12,3	13	8,098	61,67	-	85,97	0,7	0,602	0,740	37,10	45,12
	14	8,098	61,67	-	94,07	0,7	0,64		39,48	
	15	8,098	61,67	-	102,17	0,6	0,673		41,49	
	16	8,098	61,67	-	110,27	0,6	0,7		43,20	
	17	8,098	61,67	-	118,36	0,5	0,724		44,67	
	18	8,098	61,67	-	126,46	0,5	0,745		45,96	
	19	8,098	61,67	-	134,56	0,5	0,764		47,09	
	20	8,098	61,67	-	142,66	0,4	0,78		48,09	
	21	8,098	61,67	-	150,76	0,4	0,794		48,98	
	22	8,098	61,67	-	158,86	0,4	0,807		49,79	
	23	8,098	61,67	-	166,95	0,4	0,819		50,51	
	24	8,098	61,67	-	175,05	0,4	0,83		51,17	
Pasir Berlanau N= 29,3	24	11,07		24	175,05				77,25	
	25,5	11,07		24	191,66				84,58	
	27	11,07		24	208,27				91,91	84,72
	28,5	11,07		24	224,88				99,24	
	29,5	11,07		24	235,96				104,13	
Lanau Berlempung Berpasir N= 30,5	29,5	12,29	152,50	-	235,96	0,6	0,646		98,52	
	30,5	12,29	152,50	-	248,25	0,6	0,666		101,57	
	31,5	12,29	152,50	-	260,54	0,6	0,684	0,681	104,34	103,86
	32,5	12,29	152,50	-	272,83	0,6	0,701		106,85	
	33	12,29	152,50	-	278,97	0,5	0,708		108,02	

Tabel 9 menunjukkan perhitungan panjang *Fixed Bond* yang didesain menggunakan persamaan (3) dari tiap lapisan tanah yang perlu dilewati angkur.

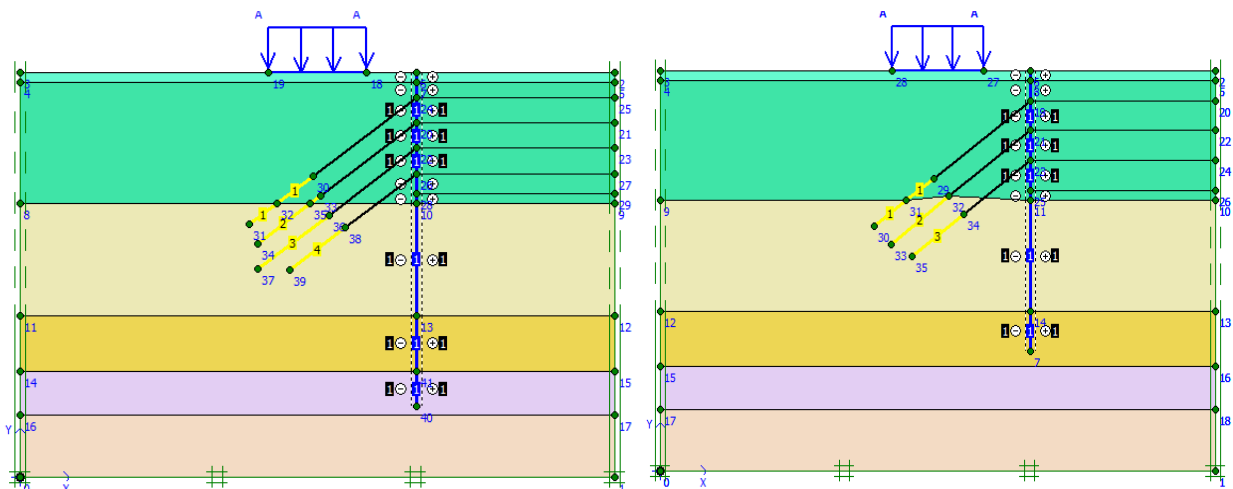
$$TW = \pi \times d_b \times \sum(\tau_w \times L_a) \quad (3)$$

Tabel 9. Desain dasar *fixed bond* angkur

Angkur	3 Angkur			4 Angkur			
	1	2	3	1	2	3	4
Kedalaman (m)	3	6	9	2,5	5	7,5	10
FL (m)	13	11	9	13	12	10	9
Strand							
Diameter (m)	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127
E (kN/m ²)	195000000	195000000	195000000	195000000	195000000	195000000	195000000
Area (m ²)	0,0001266	0,000126613	0,000126613	0,0001266	0,000126613	0,000126613	0,000126613
EA	24689,46675	24689,46675	24689,46675	24689,46675	24689,46675	24689,46675	24689,46675
N	3	3	4	3	3	3	4
Grouting							
Diameter (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
E (kN/m ²)	35000000	35000000	35000000	35000000	35000000	35000000	35000000
Area (m ²)	0,1962500	0,1962500	0,1962500	0,1962500	0,1962500	0,1962500	0,1962500
EA	6868750	6868750	6868750	6868750	6868750	6868750	6868750
Fixed Bond							
Gaya Desain	244,15	244,15	366,23	244,15	244,15	244,15	366,23
Panjang Perlu	7,756	7,756	6,884	7,756	7,756	8,616	6,884
Panjang Desain	8	8	7	8	8	9	7

Analisa Plaxis V8.6

Pada analisa PLAXIS V8.6 menggunakan pemodelan geometri dua dimensi seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Pemodelan geometri dinding diafragma

Berdasarkan hasil analisa menggunakan PLAXIS V8.6 menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi dan nilai SF dari dinding diafragma seperti pada Tabel 10 dan 11 beserta grafik hubungan ketebalan dinding, deformasi dan faktor keamanan.

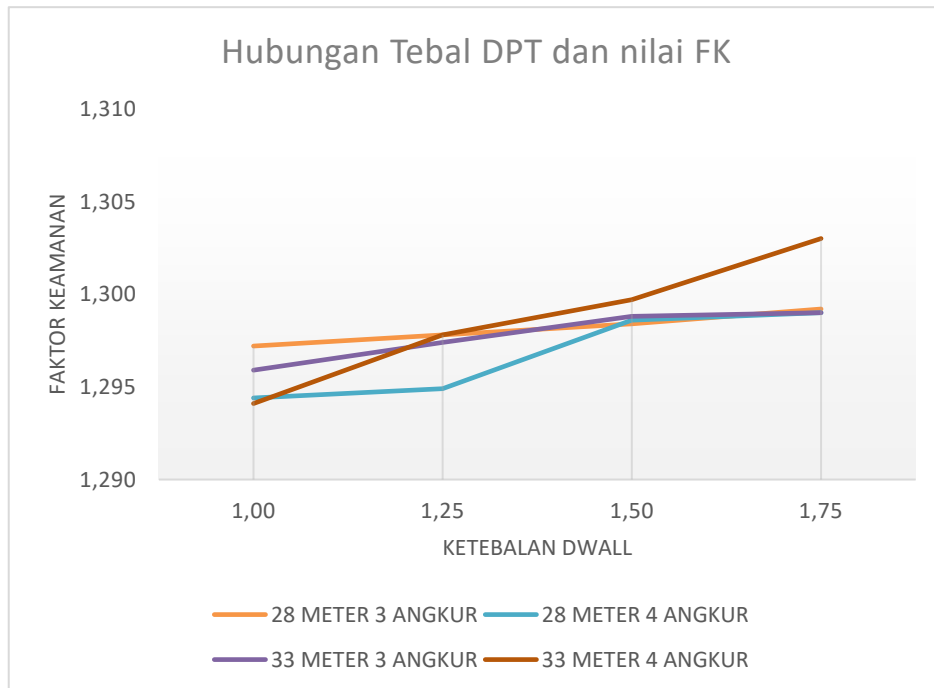
Tabel 10. Nilai deformasi dan faktor keamanan pada dinding diafragma kedalaman 28 meter

Ketebalan Dinding (m)	3 Angkur		4 Angkur	
	Deformasi (m)	FK	Deformasi (m)	FK
1,00	18,70	1,297	11,75	1,294
1,25	9,08	1,298	6,13	1,295
1,5	5,49	1,298	3,77	1,297
1,75	3,65	1,299	2,37	1,299

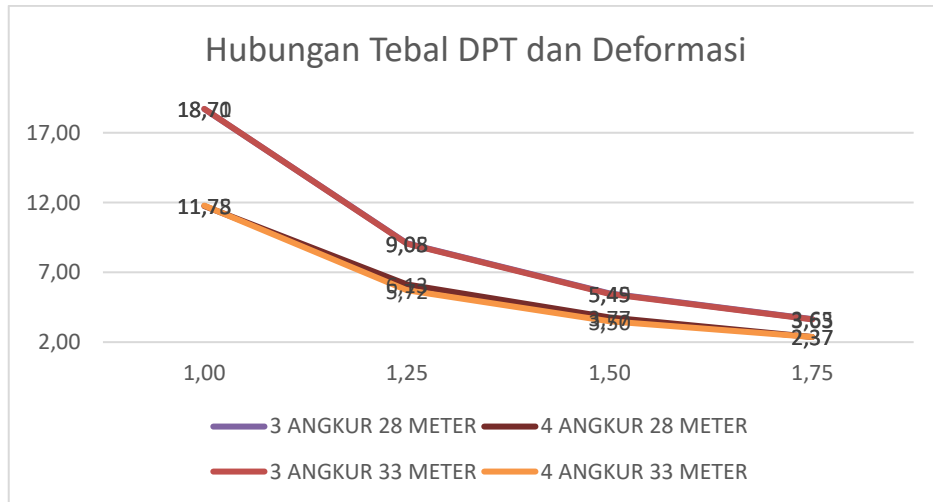
Tabel 11. Nilai deformasi dan faktor keamanan pada dinding diafragma kedalaman 33 meter

Ketebalan Dinding (m)	3 Angkur		4 Angkur	
	Deformasi (m)	FK	Deformasi (m)	FK
1,00	18,71	1,296	11,78	1,294
1,25	9,05	1,297	5,72	1,298
1,5	5,45	1,298	3,50	1,300
1,75	3,63	1,299	2,37	1,303

Hubungan antara tebal dinding diafragma, deformasi dan faktor keamanan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut



Gambar 2. Hubungan ketebalan *DWall* dan deformasi



Gambar 3. Hubungan ketebalan DWall dan faktor keamanan

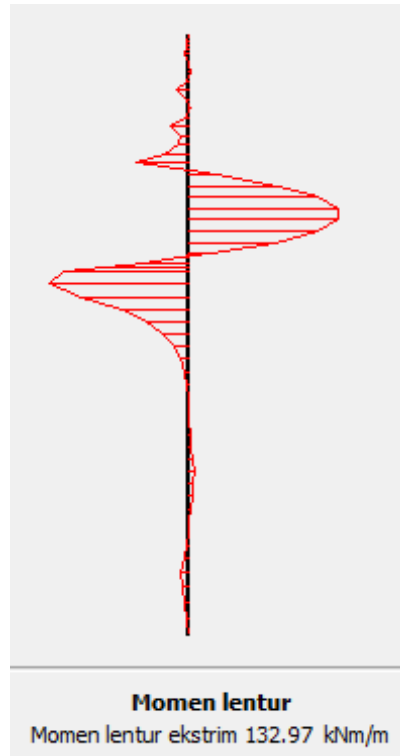
Berdasarkan perbandingan diatas, didapatkan hasil bahwa deformasi terkecil ada pada ketebalan dinding 1,75 m dan kedalaman sebesar 33 m dengan perkuatan 4 angkur. Deformasi yang terjadi dirasa masih cukup besar dengan nilai 2,37 m maka direncanakan kembali dengan menunjang ulang titik penempatan ankur dan dimensi dinding pada jumlah ankur yang sama. Berikut perencanaan ulang ankur dan dimensi dinding seperti Tabel 12.

Tabel 12. Perencanaan ulang *ground anchor* dan dinding diafragma

Angkur	1	2	3	4
Kedalaman (m)	1	3	5	7
FL (m)	17	16	15	13
Strand				
diameter (m)	0,0127	0,0127	0,0127	0,0127
E (kN/m ²)	19500000	19500000	19500000	19500000
Area (m ²)	0,0001266	0,000126613	0,000126613	0,000126613
EA	24689,46675	24689,46675	24689,46675	24689,46675
n	3	5	5	5
Grouting				
diameter (m)	0,5	0,5	0,5	0,5
E (kN/m ²)	35000000	35000000	35000000	35000000
Area (m ²)	0,1962500	0,1962500	0,1962500	0,1962500
EA	6868750	6868750	6868750	6868750
Fixed Bond				
Gaya Desain	244,15	488,31	488,31	488,31
Panjang Perlu	8,616	5,989	5,989	9,178
Panjang Desain	11	8	8	12
Dimensi Dinding Diafragma				
Tebal	Kedalaman	w	EA	EI
2,5 m	33 m	60	69513,94	36205,18

Penulangan Dinding Diafragma

Berdasarkan SNI 2847 (2013) mengenai persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, perhitungan tulangan longitudinal sebagai berikut



Gambar 4. Mu Dinding Diafragma Hasil Analisa PLAXIS V8.6

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 132,97 \text{ kNm/m}' \\ &= 132970000 \text{ Nmm/mm}' \\ Mn &= \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{132970000}{0,8} = 166212500 \text{ Nmm/mm}' \\ Rn &= 0,460 \\ m &= 15,686 \\ \rho &= 0,00116 \\ \rho_{min} &= 1,4/f_y = 1,4/400 = 0,0035 \\ \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \times (30 - 28/7) = 0,8357 \\ \beta_1 &\geq 0,65 \quad \text{OK!} \\ \rho_b &= \frac{0,85 \times 0,8357 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,032 \\ \rho_{max} &= 0,75 \times 0,032 = 0,024 \\ \rho &< \rho_{min} \quad \text{OK!} \\ As &= 3718,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D32, maka:

$$As_{rencana} = 0,25 \times 3,14 \times 32^2 = 804,571 \text{ mm}^2$$

Sehingga jumlah tulangannya:

$$n_{tulangan} = \frac{3718,75 \text{ mm}^2}{804,571 \text{ mm}^2} = 4,622 \approx 5 \text{ buah}$$

Maka tulangan yang digunakan 5D32

Menurut Ou, menghitung tulangan horizontal pada dinding diafragma berdasarkan ACI code menggunakan persamaan:

$$A_s = 0.002 \times A_g < f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 0.002 \times (2500 \times 1000)$$

$$A_s = 5000 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ rencana} = 0,25 \times 3,14 \times 32^2 = 804,571 \text{ mm}^2$$

Sehingga jumlah tulangannya

$$n \text{ tulangan} = \frac{5000 \text{ mm}^2}{804,571 \text{ mm}^2} = 6,214 \approx 7 \text{ buah}$$

Maka tulangan yang digunakan 7D32

Dalam merencanakan tulangan geser, syarat utama $V_n > V_c$. Ketika nilai tegangan geser nominal (V_n) lebih besar dari kekuatan geser nominal (V_c) maka dibutuhkan penulangan sengkang.

$$V_u = 155,03 \text{ kN/m'}$$

$$= 155030 \text{ N/mm'}$$

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = 588647,7023 \text{ N/mm'}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 588647,7023 \text{ N/mm'} = 441485,7768 \text{ N/mm'}$$

$V_u < \phi V_c$ maka tidak membutuhkan sengkang

Berdasarkan hasil perhitungan di atas tulangan geser atau sengkang tidak dibutuhkan, namun dengan mempertimbangkan keamanan maka direncanakan tulangan geser dengan diameter D19.

Kontrol Uplift

Uplift adalah gaya yang disebabkan oleh gaya tekanan air ke arah atas yang dapat mengakibatkan terangkatnya struktur dalam tanah. Hal ini terjadi karena tekanan air ke arah atas lebih besar dari berat struktur sendiri.

Pada perhitungan *uplift* ini panjang dinding asumsi yang ditinjau sepanjang 10 m dengan ketebalan 2,5 m dan kedalaman 33 m. Maka perhitungan faktor keamanan terhadap gaya uplift menggunakan persamaan (4)

$$F_b = \frac{W_{struktur}}{F_u} \geq 1,2 \quad (4)$$

Dengan F_b = faktor keamanan *uplift*, $W_{struktur}$ = berat struktur dinding, dan F_u adalah hasil perkalian dari tinggi muka air tanah, berat jenis tanah dan luasan pelat terbawah.

$$F_b = \frac{10 \times 2,5 \times 33 \times 24}{10 \times 2,5 \times 27 \times 9,81} \geq 1,2$$

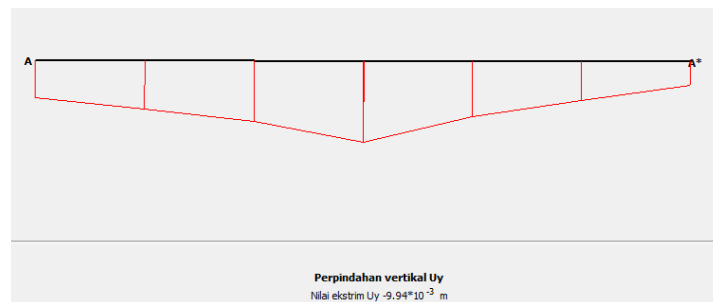
$$F_b = \frac{19800 \text{ kN}}{6621,75 \text{ kN}} \geq 1,2$$

$$F_b = 2,99 \geq 1,2 \quad \text{OK!}$$

Kontrol Penurunan Tanah

Dari hasil analisa menggunakan program bantu PLAXIS V8.6 didapatkan hasil penurunan tanah pada dasar dinding diafragma sebesar 9,943 mm ke arah bawah. Berdasarkan hasil

tersebut dinding berada pada tanah keras sehingga perpindahan vertikal (u_y) yang terjadi kecil.



Gambar 5. Perpindahan vertikal tanah di ujung dinding diafragma

KESIMPULAN

Hasil penelitian mengenai desain ulang dinding penahan tanah menggunakan *diaphragm wall* dan *ground anchor* pada tanah lunak dapat disimpulkan

- Dimensi dinding diafragma dilihat dari ketebalan dan kedalaman dinding yang menggunakan 4 macam ketebalan (1 m, 1,25 m, 1,5 m dan 1,75 m) dan 2 macam kedalaman (28 m dan 33 m) serta 2 macam jumlah angkur (3 dan 4 angkur). Kedalaman titik angkur yang digunakan berada pada elevasi -3 m, -6m, -9m untuk 3 angkur dan -2,5m, -5m, -7m, -10m untuk 4 angkur.
- Pada ketebalan dinding 1,75 m dengan kedalaman 33 m menggunakan 3 angkur terjadi deformasi sebesar 3,63 m sedangkan pada penggunaan 4 angkur terjadi deformasi 2,37 m. Jadi selisih deformasinya sebesar 1,26 m. Faktor Keamanan rata-rata berada pada angka 1,3. Disimpulkan bahwa dimensi dinding dengan jumlah angkur yang berbeda memiliki pengaruh pada deformasi dinding dan penggunaan 4 angkur mengurangi deformasi yang terjadi.
- Deformasi dinding sebesar 2,37 m pada penggunaan 4 angkur masih besar maka dilakukan peninjauan ulang pada titik angkur dan dimensi dinding. Deformasi mengalami penurunan hingga 15,81 cm dengan SF 1,3021 sebagai hasil perencanaan ulang. Namun deformasi tersebut tidak memenuhi syarat batas deformasi dikarenakan penggunaan dimensi dinding yang besar masih menyebabkan deformasi yang besar juga.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. Analisa Dan Desain Pondasi. Edisi Keempat. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
Bowles, Joseph E. Analisa Dan Desain Pondasi. Edisi Keempat. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
Bowles, Joseph E. 1991. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
Das, B. M. 1985. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik). Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
Hardianto, F. 2021. Perbandingan Kebutuhan Material Diaphragm Wall dan Secant Pile pada Proyek Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya. Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan 5(1), 90-98.
Mochtar, I. 2006. Konsistensi Tanah. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- SNI 2847:2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 8460:2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Ou, Y. C. 2006. *Deep Excavation Theory and Practice*. London: Taylor & Francis Group.
- Wibisono, J. E., dan Zayadi, R. 2012. Evaluasi Pergerakan tanah pada “*Diaphragm Walls* dan *Soldier Piles*” Selama Pelaksanaan Konstruksi Galian Dalam. *Jurnal Geoteknik* 6:66-74