



Perbandingan Kebutuhan Material Diaphragm Wall dan Secant Pile pada Proyek Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya ¹

Comparison of Diaphragm Wall and Bored Pile Materials in Grand Dharmahusada Lagoon Project Surabaya

Fajar Hardianto ^a, Luthfi Amri Wicaksono ^{b,2}, Indra Nurtjahjaningtyas ^b

^a Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember.

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

ABSTRAK

Pembangunan Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon di Jalan Dharmahusada Mas, Mulyorejo, membawa dampak buruk bagi rumah warga sekitar. Kerusakan yang terjadi pada umumnya adalah retak pada tembok rumah. Perencanaan perkuatan pada proyek Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya menggunakan Diaphragm wall dan secant pile. Diaphragm wall dan secant pile merupakan jenis dinding penahan tanah memiliki keunggulan yang sama yaitu tidak bising dalam pengerjaan, ketebalan dan kedalaman yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Tujuan perbandingan perencanaan dalam skripsi ini untuk mengetahui dan membandingkan keefektifan dari masing – masing perencanaan.. Hasil yang didapatkan pada perhitungan adalah dimensi material, kedalaman dinding, dan deformasi maksimum. Pada Diaphragm wall didapatkan ketebalan 2,7 meter dan kedalaman 31 meter dengan deformasi maksimum 4,98 cm. Pada secant pile didapatkan diameter pile sebesar 1,2 meter dengan kedalaman 31 meter dan deformasi maksimum 4,93 cm. Berdasarkan hasil perbandingan perencanaan 2 metode ini yang meliputi deformasi maksimum, kedalaman galian, ketebalan dinding dan estimasi biaya, dipilih perencanaan dengan menggunakan secant pile sebagai dinding penahan tanah.

Kata kunci: diaphragm wall, secant pile, dinding penahan tanah.

ABSTRACT

The construction of the Grand Dharmahusada Lagoon Apartment on Dharmahusada Mas, Mulyorejo, had a detrimental effect on the homes of local residents. Damage that occurs in general is cracks on the walls of the house ranging. Reinforcement using Diaphragm Wall and Secant Pile are designed for the Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya project. Diaphragm wall and secant pile is a type of retaining wall that has the same advantages, the construction not noisy in workmanship, thickness and depth that can be adjusted as needed. The purpose of this thesis is to know and compare effectiveness of each plan. The results obtained in the calculation are material dimensions, wall depth, and maximum deformation. The Diaphragm wall has a thickness of 2.7 meters and a depth of 31 meters with a maximum deformation of 4.98 cm. In secant pile, the diameter of the pile is 1.2 meters with a depth of 31 meters and a maximum deformation of 4.93 cm. Based on the results of the planning comparison 2 of this method which includes maximum deformation, depth of excavation, wall thickness and estimated cost, planning was chosen using secant pile as a retaining wall.

Keywords: diaphragm wall, secant pile, retaining wall.

¹ Info Artikel: Received: 23 Juli 2019, Accepted: 15 Februari 2022.

² Corresponding Author: luthfiamri.teknik@unej.ac.id (L.A. Wicaksono).

PENDAHULUAN

Pembangunan Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon di Jalan Dharmahusada Mas, Mulyorejo, membawa dampak buruk bagi rumah warga sekitar. Rumah warga mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi pada umumnya adalah retak pada tembok rumah mulai dari retak ringan hingga retak dengan rekahan besar. Proyek ini sudah menggunakan dinding penahan tanah metode secant pile dengan diameter 88 cm dengan diselingi bentonite antar secant pile dengan diameter 66 cm, serta ground anchor sebagai penguat tanah. Namun, metode ini masih belum bisa mengontrol pergerakan lateral tanah.

Dalam hal ini akan diberikan alternatif perencanaan dengan data dari proyek Grand Dharmahusada dengan capaian deformasi yang direncanakan kurang dari 5 cm untuk mengurangi dampak terhadap rumah warga sekitar akibat dari pengerjaan proyek Grand Dharmahusada Lagoon Tower 2. Dinding penahan tanah adalah salah satu cara untuk menahan tekanan lateral tanah (Hardiyatmo, 2010)

Alternatif yang bisa direncanakan pada dinding penahan tanah Proyek Grand Dharmahusada Lagoon antara lain dengan perkuatan diaphragm wall dan bored pile. Keunggulan yang dimiliki kedua alternatif ini hampir sama. Diaphragm wall dan bored pile dalam pelaksanaannya tidak menimbulkan kebisingan serta getaran yang tinggi, sehingga tidak mengganggu daerah sekitar proyek berlangsung. diaphragm wall dan bored pile mudah untuk mengatur ketebalan dan juga kedalaman, sehingga lebih mudah untuk perencanaannya. Perbedaan yang kentara adalah bentuk dari diaphragm wall dan bored pile, diaphragm wall berbentuk persegi panjang atau plat memanjang, sedangkan bored pile menyerupai tiang tiang silinder yang di aplikasikan saling menyatu. Dalam merencanakan dinding penahan tanah tersebut memiliki jumlah material yang berbeda, sehingga pada skripsi ini akan membandingkan penggunaan material dari 2 perencanaan diaphragm wall dan bored pile untuk menentukan mana yang lebih efektif dan efisien.

METODOLOGI

Perencanaan dinding penahan tanah dengan Diaphragm wall dan secant pile ini memiliki tahapan perencanaan awal yaitu pengumpulan data lokasi titik pengeboran, data tanah hasil pengeboran, dan peta lokasi proyek. Setelah terkumpul data diolah untuk mengetahui jenis tanah dominan, nilai N_{spt} , konsistensi, *undrained strength*, *poisson ratio* dan *modulus young*. setelah data diolah dilanjutkan tahap perhitungan, analisa, kontrol, dan penentuan hasil rekomendasi perencanaan

Perhitungan dilakukan pada pencarian kedalaman dinding penahan tanah yang akan dibuat melalui analisa *push-in*, yaitu analisa kesetimbangan gaya-gaya tanah terhadap anchor terbawah untuk mencari kedalaman jepit tiang efektif terhadap faktor keamanan. Perhitungan dilakukan juga untuk mencari asumsi dimensi tiap konstruksi sebagai keperluan *pre-eliminary design* dalam analisa program bantu plaxis.

Analisa terhadap pre-eliminary design untuk konstruksi *Diaphragm wall* dan *secant pile* dilakukan dengan program Plaxis V8.5 dengan output program yang digunakan untuk kontrol manual adalah deformasi, momen, gaya geser dan gaya aksial. Analisa yang dilakukan pada plaxis V8.5 dibagi dengan 4 tahapan penggalan sesuai kedalaman *ground anchor*.

Setelah output program plaxis V8.5 didapatkan, dilakukan kontrol terhadap kedua konstruksi yaitu kontrol material, kontrol uplift, dan kontrol penurunan tanah. Kemudian disusun estimasi biaya dari konstruksi dinding penahan tanah tersebut. Langkah paling akhir dari penelitian ini adalah membuat kesimpulan dan sarab sebagai pengambilan keputusan terhadap konstruksi dinding penahan yang paling efektif dan efisien melalui pertimbangan kekuatan, kestabilan, dan estimasi kebutuhan bahan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data Tanah

Data tanah yang digunakan dari PT. Testana Engineering, dengan 2 titik pengeboran pada daerah sekitar konstruksi. Setelah diolah, hasil analisa data tanah dapat dilihat pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1. Analisa data tanah

No.	Jenis Tanah Dominan	Deep Surface (m)		N-SPT rata2 (Blows)	Cu (kN/m ²)	φ (°)	γ _{sat} (kN/m ³)	γ	E (kN/m ²)	Konsistensi
		from	to							
1.	Lempung lunak	0	13	1,43	7	0,00	15,400	0,4	9280	Sangat Lunak
2.	Lanau, berlem-pung & berpasir	13	23	14,00	0	31,20	18,200	0,3	19666	Kaku
3.	Lanau, berlem-pung & berpasir	23	31	31,00	0	36,25	17,750	0,3	39500	Sangat Kaku
4.	Lanau, berlem-pung & berpasir	31	45	21,00	0	33,30	19,425	0,3	27833	Sangat Kaku
5.	Lanau, berlem-pung & berpasir	45	73	46,00	0	40,00	21,500	0,3	57000	Keras
6.	Pasir berlanau	73	79	27,33	0	35,19	20,520	0,3	35183	Sangat Kaku
7.	Lempung dan pasir	79	99	47,80	0	40,45	20,113	0,3	59100	Keras

Analisa Stabilitas Dinding

Kedalaman jepit dinding (Hp) didapat dengan membandingkan momen dorongan dan momen tahanan yang terjadi pada dinding seperti rumusan berikut.

$$Fp = \frac{M_R}{M_D} \geq 1,2 \quad (1)$$

Dengan Fp = faktor keamanan, Mr = momen dorongan, Md momen tahanan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Penentuan kedalaman dinding rencana

Gaya	H	σ_{ha}/σ_{hp}	P(Kn)	Lengan ke Strut	Momen Aktif terhadap Strut	Momen Pasif terhadap Strut				
P1	5,4	61,018	329,499	2,7	889,647					
P2	5,4	30,240	81,648	3,6	293,933					
P3	1	91,258	91,258	5,9	538,424					
P4	1	5,6	2,800	6,067	16,987					
P5	Hp	34,134	34,133 Hp	6,4 + 0,5 Hp	218,456 Hp + 17,067 Hp2					
P6	Hp	2,66 Hp	1,333 Hp2	6,4 + 0,33 Hp	8,53502 Hp2 + 0,444 Hp3					
P7	Hp	17,637	17,636 Hp	6,4 + 0,5 Hp		112,874 Hp + 8,818 Hp2				
P8	Hp	26,45 Hp	13,227 Hp2	6,4 + 0,67 Hp		84,655 Hp2 + 8,818 Hp3				
Pw 16	4 + H	p 112,7	721,28 + Hp	3,2 + 0,5 Hp	2308,096					
Pw2 6,4 + Hp 9,8 Hp 31,36 Hp + 4,9 Hp24,267 + 0,67 Hp					133,803 Hp + 41,92 Hp2 + 3,283 Hp3					
Pw3 1 + Hp 9,8 Hp 4,9 Hp + 4,9 Hp2 0,667 + 0,67 Hp						3,267 Hp + 6,55 Hp2 + 3,283 Hp3				
TOTAL		047,086 + 716,099 Hp + 68,02 Hp2 + 3,728 Hp3			116,14 Hp + 100,023 Hp2 + 112,101 Hp3					
Fb				1						
Md	4047,086	+	716,099	Hp	+	68,020	Hp2	+	3,728	Hp3
Mr			116,140	Hp	+	100,023	Hp2	+	12,101	Hp3
Total	-4047,086	+	-599,958	Hp	+	32,003	Hp2	+	8,374	Hp3
Hp				9,35645967						
Fb				1,2						
Md	4856,5032	+	859,3182	Hp	+	81,6237	Hp2	+	4,473039	Hp3
Mr			116,140	Hp	+	100,023	Hp2	+	12,101	Hp3
Total	-4856,503	+	-743,178	Hp	+	18,399	Hp2	+	7,628	Hp3
Hp				11,2606208						
Fb				1,5						
Md	7284,7548	+	1288,977	Hp	+	122,4356	Hp2	+	6,709558	Hp3
Mr			116,140	Hp	+	100,023	Hp2	+	12,101	Hp3
Total	-7284,755	+	-1172,837	Hp	+	-22,412	Hp2	+	5,392	Hp3
Hp				19,17538995						

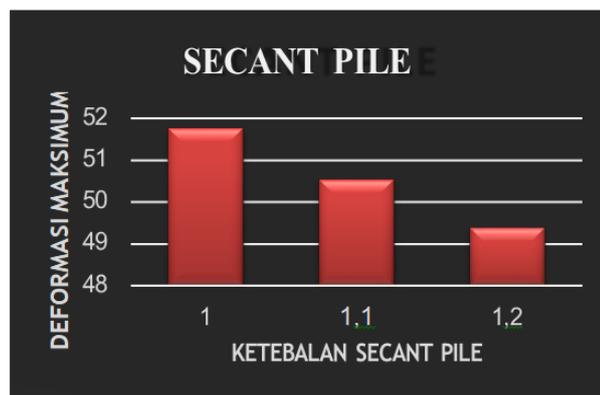
Untuk memenuhi syarat keamanan persamaan 1 minimal kedalaman adalah 11,2 meter + kedalaman galian 12 meter yaitu 23,2 meter dan dapat diperdalam untuk mencapai target deformasi maksimum.

Penentuan Ketebalan

Untuk menentukan ketebalan dilakukan dengan try and error menggunakan program bantu plaxis V8.5 dengan menentukan jenis tanah, ketebalan/diameter dinding serta kedalaman rencana sampai memenuhi target deformasi yang diinginkan, dalam penelitian ini target deformasi adalah 5 cm. Dengan mencoba kedua alternatif dengan memulai dari ketebalan / diameter 1 meter. Hasil deformasi dari kedua perencanaan dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Grafik Nilai deformasi maksimal *diaphragm wall*



Gambar 2. Grafik nilai deformasi maksimum *secant pile*

Dari hasil grafik di atas, tebal Diaphragm wall yang memenuhi deformasi kurang dari 5 cm dengan ketebalan 2,7 meter dan untuk secant pile diameter 1,2 meter adalah yang memenuhi target deformasi kurang dari 5 cm.

Perencanaan Tulangan

Perhitungan penulangan untuk Diaphragm wall mengikuti metode LRFD. Desain utama penulangan meliputi tulangan vertikal, tulangan horisontal, dan tulangan geser. Sedangkan untuk secant pile penulangan mengacu pada SNI 03-2847-2002 pasal 10.4 dengan persamaan sebagai berikut

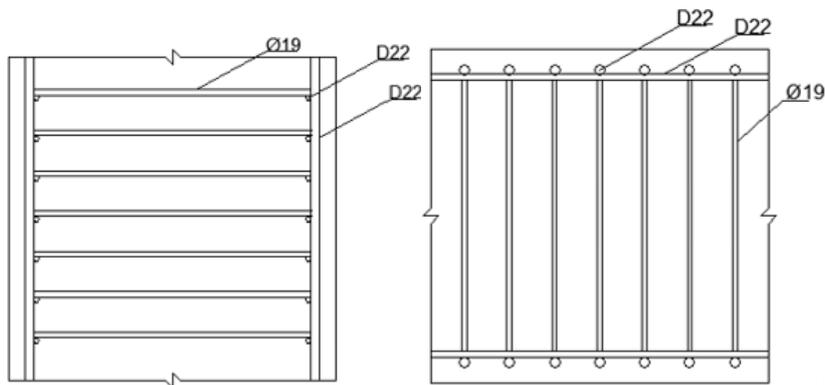
$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_2}{f'_c} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (2)$$

Dengan ρ_b = rasio tulangan berimbang, f'_c = kuat tekan beton, f_y = tegangan leleh baja. Untuk hasil penentuan tulangan dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

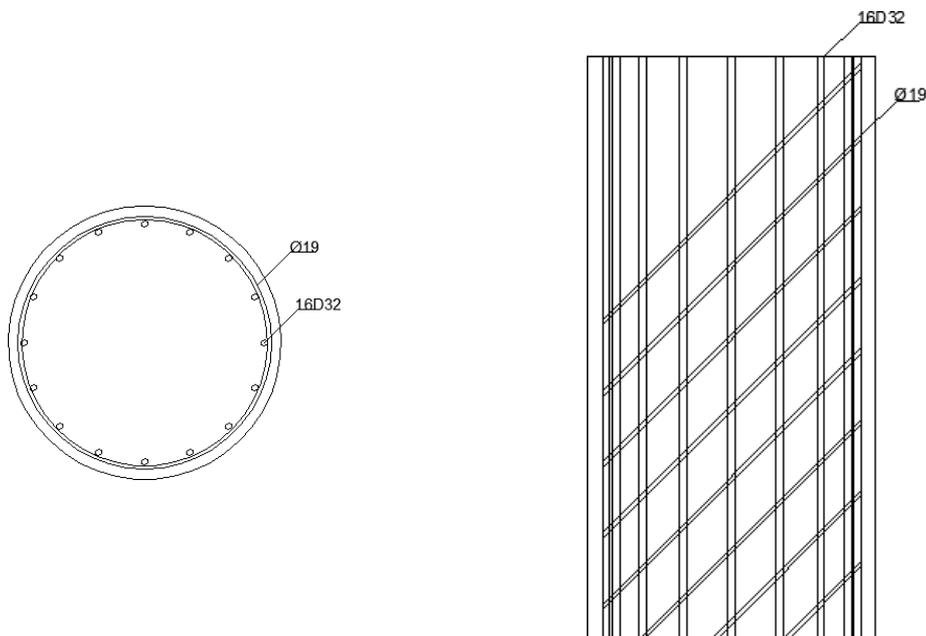
Tabel 3. Perencanaan Penulangan Diaphragm Wall Dan Secant Pile

Alternatif	Tulangan		
	Horizontal	Vertikal	Geser
Diaphragm Wall	D22	D22	D16
Secant Pile	-	16D32	D16

Hasil dari perencanaan pada tabel 5 dimasukkan kedalam gambar rencana dinding penahan tanah pada masing – masing perencanaan, hasil penggambaran tulangan dapat dilihat pada gambar 3 dan 4 berikut.



Gambar 3. Penulangan *diaphragm wall*



Gambar 4. Gambar penulangan *secant pile*

Kontrol Uplift

Adanya beban *uplift* dan air tanah mengakibatkan gedung terkena bahaya beban angkat ke atas. Keadaan ini sangat berbahaya karena dapat mempengaruhi kestabilan struktur stasiun bawah tanah terutama pada saat pembangunan pelat paling dasar pada kedalaman 12 meter sudah selesai. Kontrol *uplift* dilakukan dengan membandingkan berat struktur dengan gaya angkat keatas yang tidak boleh kurang dari 1,2 pada persamaan berikut.

$$Fb = \frac{W_{Struktur} + Q_s/3}{H_w \gamma_w A} \geq 1,2 \quad (3)$$

Dengan $W_{struktur}$ = berat struktur; $H_w \gamma_w A$ = gaya *uplift*; Q_s = skin friction dinding yang dibagi angka keamanan 3. Hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel 4

Tabel 4. Kontrol *uplift*

Alternatif perkuatan	Berat Struktur	Skin Friction	Gaya Uplift	FS
	kN	kN	kN	
<i>Diaphragm Wall</i>	19702,98	6231,07	7805,7	2,790
<i>Secant Pile</i>	8256,48	4434,57	3270,96	2,976

Dari table 4 ditunjukkan nilai *safety factor* untuk perkuata dengan diaphragm wall sebesar 2,79 dan dengan *Secant Pile* sebesar 2,976, dimana angka keamanan sudah memenuhi terhadap keamanan terhadap gaya *uplift*.

Kontrol Penurunan Tanah

Kontrol terhadap bahaya penurunan adalah kontrol terhadap penurunan yang terjadi akibat berat struktur yang membebani tanah sehingga tanah memampat. Kontrol dapat dihitung dengan menghitung selisih antara berat struktur dengan berat tanah yang dipindahkan. Struktur dinyatakan aman apabila berat tanah dipindahkan lebih berat daripada berat struktur yang dibangun. Hasil dapat dilihat pada tabel 5 dibawah.

Tabel 5. Kontrol penurunan tanah

Alternatif Perkuatan	Berat Struktur	Berat Tanah	Kontrol	Penurunan
	kN	kN		mm
<i>Diaphragm Wall</i>	19702,98	14153,4	Tidak OK	-
<i>Secant Pile</i>	8256,48	6290,4	Tidak OK	-

Dari perhitungan penurunan dengan menggunakan metode perbandingan selisih berat didapatkan hasil terdapat penurunan. Kontrol daya dukung juga dilakukan dengan program bantu dan didapatkan hasil penurunan tidak terjadi pada ujung perkuatan.

Estimasi Biaya

Estimasi biaya pada struktur dinding penahan tanah terdiri dari material beton dan tulangan yang menyesuaikan alternatif. Estimasi biaya didasarkan pada volume material yang dibutuhkan untuk membuat dinding penahan tanah sepanjang 1 meter dan sedalam 31 meter. Hasil estimasi biaya dapat dilihat pada tabel 6.

Pemilihan alternatif konstruksi dinding penahan tanah harus memperhatikan beberapa pertimbangan seperti kedalaman galian, kondisi geologi, muka air tanah, bangunan sekitar, kondisi lapangan, waktu pembangunan, dan biaya.

Tabel 6. Perbandingan estimasi biaya

Perencanaan	Diaphragm Wall	Secant pile
Diameter / Ketebalan (m)	2,7	1,2
Kedalaman Dinding	31	31
Tulangan Horisontal (per m)	693,780	-
Tulangan Vertikal (per m)	693,780	3131,248
Tulangan Geser (per m)	665,29	553,09
Volume Beton (m3)	100,44	35,074
Harga Beton (Rp/m3)	916404	916404
Harga Besi (Rp/kg)	14579	14579
Biaya Kontruksi Relatif (Rp)	121972117,9	85856179,43

Dari hasil perbandingan estimasi biaya pada tabel 6 menunjukkan bahwa kebutuhan bahan *diaphragm wall* per meter Rp. 121.972.117, sedangkan *secant pile* Rp. 85.856.179,43. Dan menunjukkan bahwa *secant pile* lebih murah 30% dibanding *diaphragm wall*.

KESIMPULAN

Perencanaan *diaphragm wall* dan *secant pile* memiliki beberapa tahapan, yaitu menentukan dimensi awal dinding penahan tanah, kemudian menganalisa melalui program plaxis untuk mengetahui besar deformasi yang terjadi, dilanjutkan dengan perencanaan penulangan masing – masing dinding penahan tanah, dan yang terakhir menganalisa apakah terjadi penurunan dan juga uplift pada dinding penahan tanah. Dalam menentukan perencanaan dinding penahan tanah menggunakan *diaphragm wall* atau *secant pile* yang perlu diperhatikan adalah dimensi dinding penahan tanah, kedalaman dinding penahan tanah, serta deformasi yang terjadi pada dinding, dan kesimpulan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Ketebalan *diaphragm wall* dengan ketebalan dinding 2,7 m dengan kualitas beton 30 mpa dengan kedalaman dinding 31 meter deformasi maksimal yang dihasilkan 4,98 cm.
2. Diameter *secant pile* dengan diameter 1,2 m dengan kualitas beton 30 mpa dengan kedalaman dinding 31 meter deformasi maksimal yang dihasilkan 4,93 cm.

Dari hasil perbandingan biaya perencanaan didapatkan biaya *secant pile* 30% lebih rendah dibandingkan *diaphragm wall* untuk deformasi kurang dari 5 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, E Josph. 1999. Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2. Jakarta: Erlangga. Bowles, J.E., 1984. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah Edisi ke-2 (Terjemahan). Erlangga, Jakarta.

- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Analisa dan Perancangan Fondasi*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- Peck, Ralph B. 1996. *Teknik Pondasi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Skepton, A. W. (1959), “ Cast in situ Bored Piles in London Clay,” *Geotechnique*, 9, 4, 153-175