

OPTIMALISASI BIAYA PEMBANGUNAN STRUKTUR DINDING PENAHAN TANAH DENGAN *REVTMENT WALL* PADA PERUMAHAN X

Hauwendy^{1*} dan Arianti Sutandi¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
^{*}Hauwendy.325210002@stu.untar.ac.id

Masuk: 08-11-2024, revisi: 05-02-2025, diterima untuk diterbitkan: 12-02-2025

ABSTRACT

In planning a project, the main reference aspects are costs, quality and time. A good project must have good and efficient planning and cost control, in order to obtain maximum profits without affecting the quality and time of project completion. The Cluster X housing development project in South Tangerang covers the area of 28 hectares with a planned development of 1200 houses targeted for completion in 2026. This housing has a perimeter of 4,67 km, which will be equipped with retaining walls and concrete panel fences as boundaries. This research seeks a more cost-effective alternative to retaining walls. The retaining walls that have been planned by the consultant have varying dimensions depending on the construction location, one of which is type B5 with an overturning SF (Safety Factor) value of $14 \geq 2$, Shear SF $7 \geq 1,5$, Bearing Capacity $3 \geq 3$, and global stability SF $1,94 \geq 1,5$. Meanwhile, the second alternative is a revetment wall with a global SF Stability of $1,78 \geq 1,5$. The calculation results for perimeter construction costs of 1+000 to 1+500 require a cost of Rp. 2.411.851.650. Meanwhile, the second alternative costs Rp. 1.046.625.996. We will save construction costs by 45,61%

Keywords: value engineering; retaining wall; stability; budget plan; revetment wall

ABSTRAK

Didalam perencanaan sebuah proyek, aspek acuan utama adalah aspek biaya, mutu dan waktu. Sebuah proyek yang baik harus memiliki perencanaan dan pengendalian biaya yang baik dan efisien, guna untuk mendapatkan keuntungan maksimal tanpa mempengaruhi mutu dan waktu penyelesaian proyek. Proyek pembangunan perumahan cluster X di Tangerang Selatan mencakup lahan seluas 28 hektar dengan rencana pembangunan 1200 rumah yang ditargetkan selesai pada tahun 2026. Perumahan ini memiliki perimeter sepanjang 4,67 km, yang akan dilengkapi dinding penahan tanah dan pagar panel beton sebagai pembatas. Penelitian ini mencari alternatif dinding penahan tanah yang lebih hemat biaya. Dinding penahan tanah yang sudah direncanakan oleh konsultan memiliki dimensi yang bervariasi tergantung lokasi konstruksi, salah satunya adalah tipe B5 dengan nilai SF (*Safety Factor*) Guling $14 \geq 2$, SF Geser $7 \geq 1,5$, Daya Dukung $3 \geq 3$, dan SF stabilitas global $1,94 \geq 1,5$. Sedangkan untuk alternatif kedua yaitu *revetment wall* dengan SF Stabilitas global $1,78 \geq 1,5$. Hasil perhitungan biaya konstruksi perimeter 1+000 sampai 1+500 memerlukan biaya sebesar Rp. 2.411.851.650. Sedangkan untuk alternatif kedua memerlukan biaya sebesar Rp. 1.046.625.996. Dengan mengganti dinding penahan tanah menjadi *revetment walls* akan menghemat biaya konstruksi sebesar 45,61%

Kata kunci: *value engineering; dinding penahan tanah; stabilitas; rencana anggaran biaya; revetment wall*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang di dunia. Salah satu cara untuk meningkatkan ekonomi Indonesia adalah pembangunan massal di daerah-daerah yang tertinggal. Pembangunan yang akan bermanfaat untuk daerah itu adalah seperti perumahan, Gedung, hotel, jalan, jembatan, dan struktur lainnya. Pemerintah Indonesia juga ikut serta dalam mendukung Pembangunan di daerah dengan program PPNDTP. Perusahaan *developer* atau *property* diharapkan akan ada peningkatan yang signifikan dalam proses Pembangunan konstruksi perumahan massal. Aspek manajemen proyek akan sangat penting guna menjamin keberhasilan Pembangunan rumah massal yang baik, efisien dan tepat waktu.

Dalam proses pembangunan rumah massal ada beberapa pekerjaan konstruksi yang diperhatikan selain rumah massal itu sendiri yaitu *infrastructure*. Dimulai dari saluran air, listrik, *landscape*, perkerasan jalan hingga pembatas atau perimeter perumahan. Tidak dipungkiri biaya yang diperlukan untuk membangun sebuah kawasan dengan luas 28 hektar akan memerlukan biaya yang sangat besar. Oleh karena itu diperlukan penerapan *value engineering* atau

rekayasa nilai guna untuk menghemat biaya atau memaksimalkan keuntungan yang didapat. Salah satu pekerjaan yang membutuhkan biaya besar adalah perimeter perumahan. Hal ini dikarenakan volume yang dibutuhkan dan ketinggian permukaan tanah yang bervariasi tergantung kondisi lapangan. Oleh karena itu dapat dilakukan penghematan biaya Pembangunan struktur penahan dinding atau perkuatan lereng untuk perimeter perumahan. Pada penelitian ini kita akan membahas salah satu alternatif struktur penahan tanah atau perkuatan lereng yaitu *revetment wall*.

Rumusan masalah

1. Apakah dinding penahan tanah yang sudah direncanakan dapat dilakukan penghematan
2. Berapakah keuntungan yang diperoleh apabila dilakukan *Value Engineering* pada pekerjaan dinding penahan tanah?

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui apakah dinding penahan tanah yang sudah direncanakan dapat dilakukan penghematan
2. Mengetahui berapa keuntungan yang diperoleh apabila dilakukan *Value Engineering* pada pekerjaan dinding penahan tanah?

Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian, dan ketrampilan, cara teknis yang terbaik dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja (Prasetya, 2018). Rencana anggaran biaya (RAB) merupakan sebuah perhitungan yang dilakukan untuk mempertimbangkan berapa banyak biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sesuatu pekerjaan. Pada umumnya, sebuah RAB memperhitungkan biaya material, upah pekerja, dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proyek tersebut. Untuk mendapatkan harga total dari sebuah pekerjaan, volume yang dihitung berdasarkan gambar kerja atau detail akan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan yang sudah dianalisis oleh kontraktor. Sedangkan penjadwalan proyek atau *scheduling* merupakan rangkaian jadwal tiap-tiap pekerjaan. Jadwal proyek berisikan waktu mulai dan selesai semua pekerjaan yang sudah dipertimbangkan terhadap halangan yang ada di lapangan. Perencanaan proyek yang baik akan membuat proyek berjalan dengan lancar serta tepat waktu dengan biaya yang efisien (Junaidi et al., 2023).

Value Engineering

Value Engineering adalah pendekatan sistematis untuk meningkatkan nilai dari suatu produk, layanan ataupun proses dari sebuah proyek. Substitusi komponen dan metode dengan alternatif yang lebih murah tanpa mengorbankan fungsinya atau kualitasnya. Banyak aspek yang perlu dipertimbangkan jika ingin melakukan penerapan *value engineering* dari segi penghematan biaya, kondisi lapangan, jadwal dan lain-lain (Mawaddah et al., 2024). Salah satu contoh penerapan *value engineering* dilakukan oleh Ariftha et al. (2019) dalam penelitiannya yang berjudul “Penerapan *value engineering* pada proyek Pembangunan Gedung”, pemilihan alternatif yang diusulkan setelah penerapan *value engineering* adalah plat bondek dan tangga plat cor dengan material pengganti anak tangga bata. Desain alternatif ini dapat menghemat biaya sebesar 11.103% atau Rp7.889.980.

Pada penelitian (Nugroho, 2022) yang berjudul “Kajian Rekayasa Nilai Pada Pekerjaan Struktur Atas Gedung”, Desain awal pelat menggunakan beton tebal 120 mm dengan tulangan D10-125 mm didapatkan alternatif desain menggunakan material komposit berupa wiremesh m8 dan floordeck 0,75 mm, sehingga didapatkan penghematan biaya sebesar Rp986.423.552,30. Hal ini dikarenakan pada pekerjaan pelat menggunakan material komposit tidak membutuhkan material tulangan dan bekisting dengan jumlah banyak seperti yang terjadi pada pekerjaan pelat beton.

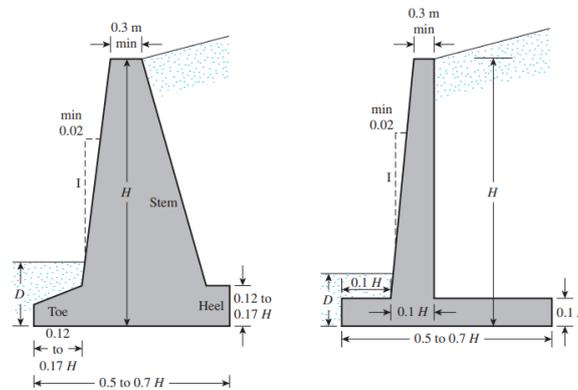
Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan sebuah struktur yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada sebuah tanah dengan dua ketinggian yang berbeda. Dinding penahan tanah juga berfungsi untuk mencegah longsor dan menahan galian vertikal terbuka. Dalam perencanaan dinding penahan tanah, ada beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan seperti jenis dinding penahan tanah, dimensi, gaya-gaya yang bekerja, mengontrol stabilitas dinding terhadap bahaya guling, geser, dan kelongsoran daya dukung. Menurut (Das, 2017) dinding penahan tanah konvensional dibagi menjadi 4 jenis yaitu:

1. Dinding penahan tanah gravitasi
2. Dinding penahan tanah semi gravitasi
3. Dinding penahan tanah kantilever
4. Dinding penahan tanah dengan *counterfort*

Untuk merancang dinding penahan dengan benar, seorang insinyur harus mengetahui parameter dasar, berat satuan, sudut gesekan, dan kohesi tanah yang tertahan di balik dinding dan tanah di bawah pelat dasar. Mengetahui sifat-sifat tanah di balik tembok memungkinkan insinyur untuk menentukan distribusi tekanan lateral yang harus didesain

Untuk mendesain sebuah dinding penahan tanah terdapat pendekatan untuk dimensi beberapa komponen di dinding penahan tanah untuk mengetahui stabilitas awal dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Perkiraan awal dimensi dinding penahan tanah

Dalam proyek X terdapat perimeter pembatas sepanjang 4,673 km, ada beberapa kawasan yang terdapat pemukiman rakyat dan ada yang tidak. Hal ini akan bermanfaat untuk menghemat dimensi atau volume dari dinding penahan tanah yang akan dibangun dikarenakan dinding penahan tanah akan menerima gaya atau beban yang berbeda di tiap-tiap kawasan.

Stabilitas dinding Penahan Tanah

Menurut (Das, 2017), sebuah dinding penahan tanah dapat gagal karena tergelincir di sepanjang dasarnya, hilangnya daya dukung tanah yang menopang, mengalami keruntuhan geser yang dalam, dan mengalami penurunan yang berlebih. Analisis stabilitas lereng banyak digunakan dengan perencanaan konstruksi, seperti: timbunan untuk jalan raya, galian lereng untuk jalan, dan lain-lain. Stabilitas lereng sendiri banyak juga dikaitkan dengan kelongsoran tanah. Kelongsoran tanah (*landslide*) merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Analisis ini umumnya didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*limit Plastic equilibrium*) (Sebayang et al., 2022). Oleh karena itu perlu diperiksa stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser, daya dukung, dan stabilitas global, untuk nilai keamanan atau SF (*Safety Factor*) mengacu pada (Badan Standardisasi Nasional, 2017) yaitu untuk guling 2, geser 1,5, daya dukung 3, dan stabilitas global 1,5. Memeriksa stabilitas DPT terhadap guling adalah dengan menghitung tegangan tanah dan air pasif dan aktif dengan rumus dari Rankine pada persamaan 1, 2, dan 3

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2 + 2c \sqrt{K_p H} \quad (1)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (3)$$

Dimana

P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)

K_p = Koefisien tekanan pasif

γ = Berat isi tanah (kN/m³)

H = Tinggi dinding penahan tanah (m)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

ϕ = Sudut geser dalam tanah (°)

Untuk menghitung SF guling dapat menggunakan rumus pada persamaan 4 dan 5 berikut

$$SF_{(Guling)} = \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_o} \quad (4)$$

$$\Sigma M_o = P_a \left(\frac{H}{3} \right) \quad (5)$$

Dimana

- ΣM_r = Jumlah momen yang menahan guling (kNm)
- ΣM_o = Jumlah momen yang mengakibatkan guling (kNm)
- P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)
- H = Tinggi dinding penahan tanah (m)

Untuk memeriksa SF geser diperlukan untuk menghitung gaya-gaya horizontal yang menyebabkan dinding untuk bergeser yaitu tekanan aktif tanah, untuk menghitung nilai SF geser dapat menggunakan rumus pada persamaan 6

$$SF_{(Geser)} = \frac{(\Sigma V) \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right) + \left(\frac{2}{3}Bc\right) + P_p}{P_a} \quad (6)$$

Dimana

- ΣV = Jumlah gaya vertical (kN)
- ϕ = Sudut geser dalam tanah (°)
- B = Lebar dinding penahan tanah (m)
- c = Kohesi tanah (kN/m²)
- P_p = Tekanan tanah pasif (kN/m)
- P_a = Tekanan tanah aktif (kN/m)

Akibat terjadinya tekanan vertikal dari tanah dan berat sendiri, akan timbul tegangan pada dasar dinding penahan tanah. Pada persamaan 7 dan 8 menunjukkan tegangan terbesar dan terkecil pada dasar dinding penahan tanah. Selanjutnya untuk menghitung SF daya dukung dinding penahan tanah dengan daya dukung tanah dapat menggunakan rumus pada persamaan 9. Dalam penelitian ini untuk menentukan daya dukung menggunakan persamaan *meyerhof* seperti pada persamaan 10.

$$q_{max} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \quad (7)$$

$$q_{min} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \quad (8)$$

$$SF_{(Daya\ dukung)} = \frac{q_u}{q_{max}} \quad (9)$$

$$q_u = CN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (10)$$

Dimana

- ΣV = Jumlah gaya vertical (kN)
- B = Lebar dinding penahan tanah (m)
- e = eksentrisitas resultan gaya ($e < B/6$)
- q_u = Daya dukung
- c = Kohesi tanah (kN/m²)
- q = Tegangan efektif didasar dinding penahan tanah
- γ = Berat isi tanah (kN/m³)
- B = Lebar dinding penahan tanah (m)
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = Faktor bentuk

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$ = Faktor kedalaman

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$ = Faktor kemiringan gaya

N_c, N_q, N_γ = Faktor daya dukung

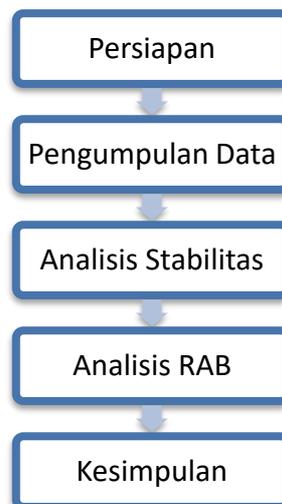
Salah satu metode yang umum untuk menghitung stabilitas global adalah metode *bishop*. Metode ini sering diterapkan untuk mengestimasi faktor keamanan pada lereng dengan pendekatan irisan. Asumsi utama dalam metode ini adalah gaya gesekan antara bagian yang diiris diabaikan, sehingga perhitungan menjadi lebih sederhana, *Safety Factor* stabilitas global didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya geser yang dapat ditahan dengan gaya geser yang terjadi pada dasar irisan. Metode Bishop menghitung SF secara iterasi dengan memperhitungkan semua irisan, sehingga menghasilkan nilai yang paling akurat. Program *GEO5* adalah sebuah program untuk memecahkan berbagai macam permasalahan ataupun pemodelan geoteknik, seperti Slope Stability, yang merupakan salah satu produk untuk menghitung dan mendapatkan hasil faktor keamanan lereng dengan mendesain dari segala aspek seperti adanya beban tambahan, pengaruh muka air tanah, beban gempa, dan kemiringan sudut lereng yang didesain (Achmad & Kawanda, 2022). Dalam penelitian ini digunakan bantuan perangkat lunak *GEO5* untuk memungkinkan perhitungan yang lebih cepat dan akurat.

Revetment wall

Jenis struktur sederhana yang digunakan untuk memperkuat lereng/tebing dan melindunginya dari gesekan aliran Sungai dan gelombang di perairan Pantai. Pada dasarnya struktur jenis ini memiliki fungsi pelindung terhadap efek gesekan/erosi yang dapat disebabkan oleh ketidakstabilan lereng/timbunan, daripada fungsi utama menahan tekanan lateral aktif tanah (Fachrurrozi, 2022). *Revetment wall* menjadi sebuah alternatif pengganti dinding penahan tanah dikarenakan memiliki fungsi yang hampir sama namun memiliki dimensi yang lebih kecil. *Revetment wall* ini juga dapat dipakai dikarenakan beban yang dipikul di daerah dengan beban atau gaya relatif kecil.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini memakai metode perbandingan desain dinding penahan tanah dengan *revetment wall* dari segi kekuatan dan biaya konstruksi yang diperlukan. Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan lapangan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan seperti kondisi tanah dan elevasi lereng. Data-data didapatkan dari pihak-pihak yang ikut serta dalam proyek Pembangunan perumahan tersebut. Terdapat konsultan Perencana dinding penahan tanah, konsultan penyelidikan tanah, dan kontraktor. Untuk parameter yang digunakan untuk melakukan perencanaan dinding penahan tanah adalah kohesi (c), sudut geser (ϕ), dan berat isi tanah (γ). Lalu analisis akan dilakukan oleh peneliti yang dimulai dari beban yang bekerja di dinding penahan tanah tersebut yaitu berat sendiri, tekanan tanah aktif dan pasif, menganalisis dan menghitung kestabilan terhadap daya dukung, kestabilan terhadap gaya pergeseran dan penggulingan. Analisis dilakukan untuk mendapatkan kestabilan pada desain dinding penahan tanah dan *Revetment wall*. Setelah mendapatkan hasil analisis dalam bentuk *safety factor*, dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya dan dianalisis untuk mendapatkan keuntungan dari alternatif dinding penahan tanah. Untuk alur penelitian dapat dilihat di gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

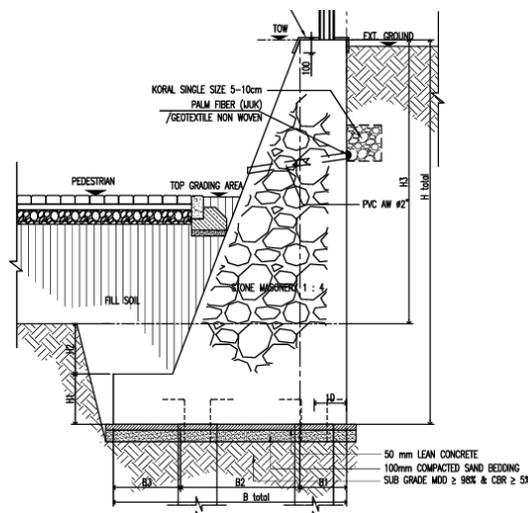
Data Umum

Untuk melakukan analisis perencanaan dinding penahan tanah, diperlukan parameter dari hasil uji tanah dilokasi penelitian yaitu Kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), berat isi tanah (γ), dan kedalaman muka air tanah. Hasil yang telah diperoleh terdapat di tabel 1.

Tabel 1. Parameter data uji lab

<i>Wet Density</i> (kN/m ³)	<i>Sat Density</i> (kN/m ³)	<i>Cohesion</i> (kN/m ²)	<i>Angle of internal friction</i> (°)
16,02	19	17	13

Perencanaan Dinding Penahan Tanah



Gambar 3 Dimensi Retaining wall rencana awal

Pada gambar 3 dan tabel 2 dilampirkan dimensi retaining wall rencana awal dari konsultan perencanaan untuk perimeter STA 1+000 s/d 1+500.

Tabel 2. Dimensi Retaining wall rencana awal

Dimensi Dinding Penahan Tanah Tipe B dalam satuan meter				
	B2	B3	B5	B6
H1	0,4	0,5	0,6	0,6
H2	0,1	0,2	0,2	0,4
H3	1	1,5	2,5	3
H total	1,5	2,2	3,3	4
B1	0,2	0,3	0,5	0,7
B2	1,2	1,2	1,9	2,2
B3	0,3	0,3	0,3	0,3
B total	1,7	1,8	2,7	3,2

Perhitungan stabilitas dinding penahan tanah tipe B5 dimulai dari memeriksa guling, geser, daya dukung, dan stabilitas global. Contoh perhitungan dilampirkan pada tabel 3 dan 4

Tabel 3. Perhitungan tekanan tanah yang terjadi pada DPT B5

Tekanan Tanah		
Koefisien Tanah Aktif	0,6327	
Koefisien Tanah Pasif	1,5805	
Tekanan Tanah Aktif		
Pa1	1,5331	kN
Pa2	43,9735	kN
Pa3	21,9868	kN
Tekanan Air	34,7497	kN
Kohesi	-89,2479	kN
Total (P_a)	12,9952	kN
Tekanan Tanah Pasif		
Pp	8,1022	kN
Tekanan Air	34,1951	kN

Tabel 4. Perhitungan gaya vertical dan momen yang terjadi pada DPT B5

Gaya vertikal					
Gaya	Luas kN/m ²	Berat Jenis	Berat	Jarak ke titik O	Momen Terhadap Titik O
W1	1,62	25	40,500	1,35	54,6750
W2	2,5650	25	64,125	1,5667	100,4625
W3	0,81	25	20,250	2,55	51,6375
Total			$\Sigma V = 124,8750$		$\Sigma M_r = 206,775$

Periksa kestabilan terhadap guling

$$SF_{(Guling)} = \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_o}$$

$$\Sigma M_o = P_a \left(\frac{H}{3} \right)$$

$$\Sigma M_o = 12,9952 \left(\frac{3,3}{3} \right)$$

$$\Sigma M_o = 14,2947 \text{ kNm}$$

$$SF_{(Guling)} = \frac{206,775}{14,2947}$$

$$SF_{(Guling)} = 14,4652 \geq 2, \text{ Aman}$$

Periksa kestabilan terhadap gaya geser lateral

$$SF_{(Geser)} = \frac{(\Sigma V) \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right) + \left(\frac{2}{3}B c\right) + P_p}{P_a}$$

$$SF_{(Geser)} = \frac{(124,8750) \tan\left(\frac{2}{3} \times 13\right) + \left(\frac{2}{3} \times 2,7 \times 17\right) + 42,2973}{12,9952}$$

$$SF_{(Geser)} = 7,0631 \geq 1,5, \text{ Aman}$$

Periksa kestabilan terhadap kapasitas daya dukung

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

$$e = \frac{2,7}{2} - \frac{206,775 - 14,2947}{124,8750}$$

$$\frac{B}{6} = 0,45$$

$$e = -0,1914 \leq 0,45, \text{ Aman}$$

$$q_{max} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_{max} = \frac{124,8750}{2,7} \left(1 + \frac{6 \times -0,1914}{2,7}\right)$$

$$q_{max} = 26,58 \text{ kN/m}$$

$$q_{min} = \frac{\Sigma V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_{min} = \frac{124,8750}{2,7} \left(1 - \frac{6 \times -0,1914}{2,7}\right)$$

$$q_{min} = 65,92 \text{ kN/m}$$

Dikarenakan eksentrisitas bernilai negatif, tegangan yang terjadi di dasar dinding penahan tanah memiliki nilai terbalik dimana tegangan terbesar terjadi di bagian tumit dinding penahan tanah. Nilai tegangan terbesar lalu dibandingkan dengan daya dukung tanah.

$$q_u = CN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B' N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$F_{cs} = F_{qs} = F_{\gamma s} = 1$, dikarenakan bentuk dasar dinding penahan tanah diperlakukan berkelanjutan

$$q = \gamma' D$$

$$q = (19 - 16,02) \times 0,8 = 7,352$$

$$B' = B - (2 \times e) = 2,7 - (2 \times -0,1914) = 3,0828$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \left(\frac{D}{B}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan(13^\circ) (1 - \sin(13^\circ))^2 \left(\frac{0,8}{2,7}\right)$$

$$F_{qd} = 1,07$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{9,81 \tan(13^\circ)}$$

$$F_{cd} = 1,07 - \frac{1 - 1,07}{N_c \tan \phi}$$

$$F_{cd} = 1,1038$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{P_a}{\Sigma V}\right)$$

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{12,9952}{24,8750}\right)$$

$$\psi = 5,9411^\circ$$

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{5,9411}{90}\right)^2$$

$$F_{ci} = F_{qi} = 0,8723$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\psi}{\phi}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{5,9411}{13}\right)^2$$

$$F_{\gamma i} = 0,2948$$

$$q_u = (17)(9,81)(1)(1,1038)(0,8723) + (7,352)(3,26)(1)(1,07)(0,8723) + \frac{1}{2}(19 - 16,02)(3,0828)(1,97)(1)(1)(0,2948)$$

$$q_u = 199,97 \text{ kN/m}^2$$

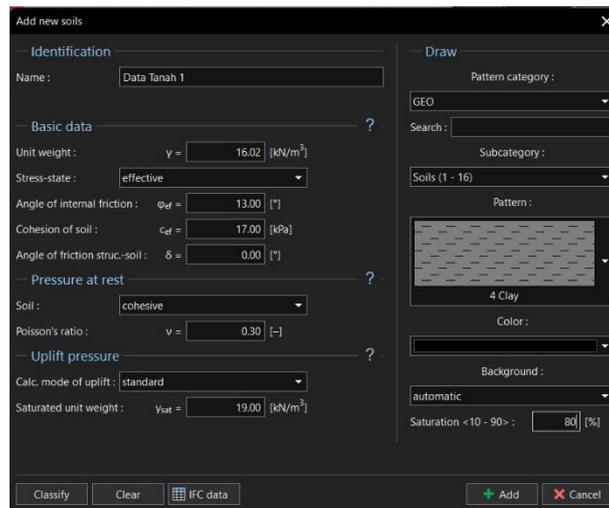
$$q_{max} = 65,92 \text{ kN/m}^2$$

$$SF_{(Daya \text{ dukung})} = \frac{199,97}{65,92}$$

$$SF_{(Daya \text{ dukung})} = 3,0339 \geq 3, \text{ Aman}$$

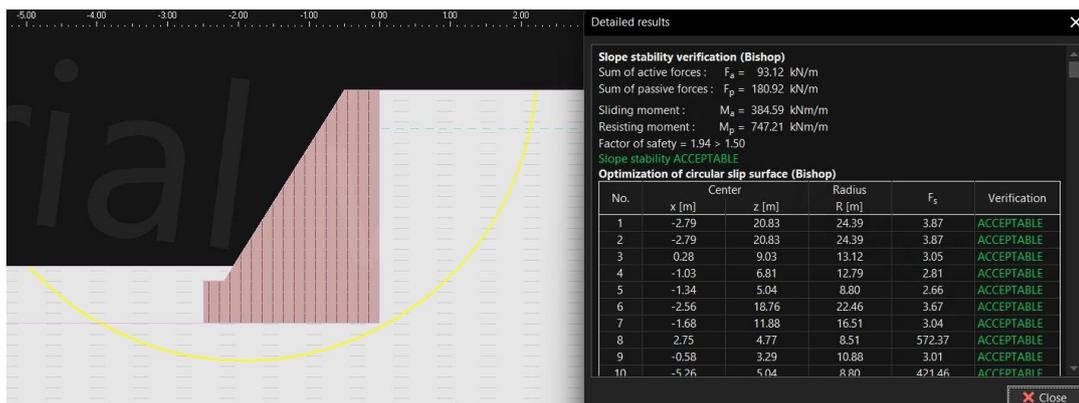
Memeriksa kestabilan global dengan cara menggunakan aplikasi *GEO5* untuk menghitung angka Safety Factor.

Berikut merupakan parameter yang digunakan di aplikasi *GEO5* yang disajikan pada gambar 4



Gambar 4. Parameter *GEO5*

Setelah menginput data tanah dan menggambarkan dimensi dinding penahan tanah, akan keluar hasil analisis menggunakan metode bishop yang diiterasi untuk mendapatkan nilai Safety Factor paling kecil. Dari hasil analisis aplikasi *GEO5* diperoleh angka Safety Factor sebesar $1,94 \geq 1,5$ yang dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Hasil Analisis DPT *GEO5*

Hasil analisis Safety Factor pada dinding penahan tanah tipe B5 terhadap gaya-gaya yang diterima dapat dilihat pada tabel 5

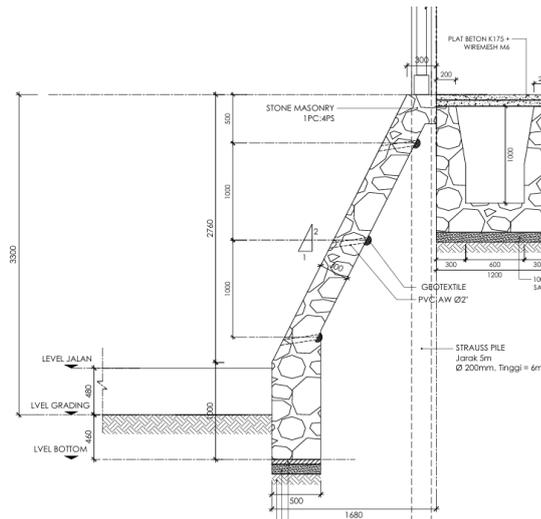
Tabel 5. Hasil Analisis dinding penahan tanah tipe B5

Hasil Analisis Dinding Penahan Tanah Tipe B5			
Stabilitas	Hasil Perhitungan	SF	Cek
Guling	14,4652	≥ 2	Aman

Geser	7,0631	$\geq 1,5$	Aman
eksentrisitas	-0,1914	$\leq 0,45$	Aman
Daya dukung	3,0339	≥ 3	Aman
Global	1,94	$\geq 1,5$	Aman

Perencanaan *Revetment Wall*

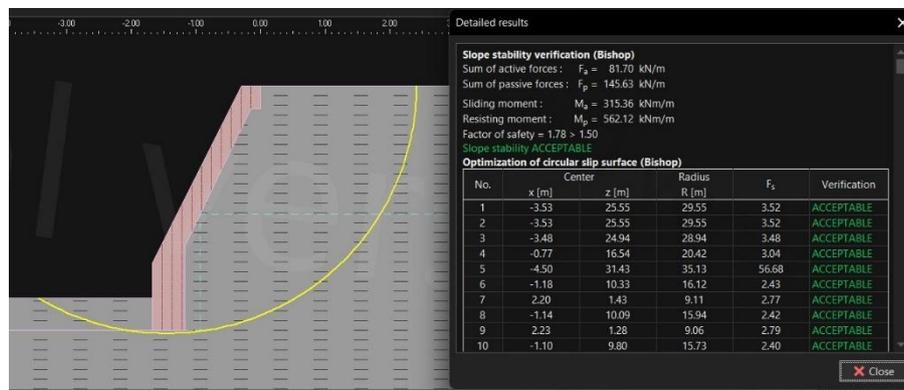
Berikut merupakan dimensi dari *Revetment wall* untuk kondisi tanah setinggi $\pm 3\text{m}$ yang disajikan pada gambar 6



Gambar 6. Perencanaan dimensi *Revetment wall*

Menurut analisis dinding penahan tanah sebelumnya dengan ketinggian tanah yang sama, nilai SF untuk kestabilan guling dan geser memiliki nilai yang jauh melebihi kriteria aman dari peraturan SNI. Oleh karena itu, dapat dilakukan penyesuaian dimensi dan bentuk dinding penahan tanah untuk menghemat biaya konstruksi perimeter perumahan X. *Revetment wall* didesain dengan jumlah pipa yang lebih banyak untuk mengurangi tekanan air pada tanah yang dapat membebani *Revetment wall* tersebut. Jenis tanah yang akan ditahan oleh *Revetment wall* adalah tanah clay/lempung yang digali atau di cut, sehingga tanah memiliki kohesi yang cenderung tinggi. Untuk memaksimalkan kekuatan lereng agak tidak longsor, dilakukan analisis dengan cara memeriksa kestabilan dari *Revetment wall* ini dengan aplikasi *GEOS*.

Berikut disajikan gambar 7 hasil analisis kestabilan global *Revetment wall* dengan aplikasi *GEOS*

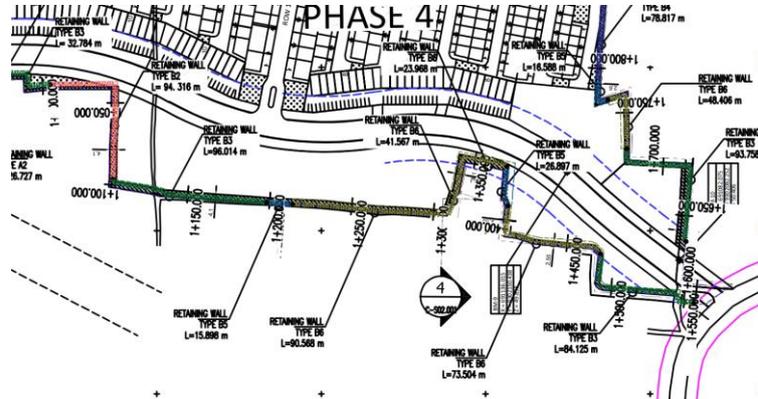


Gambar 7. Hasil Analisis *Revetment wall* *GEOS*

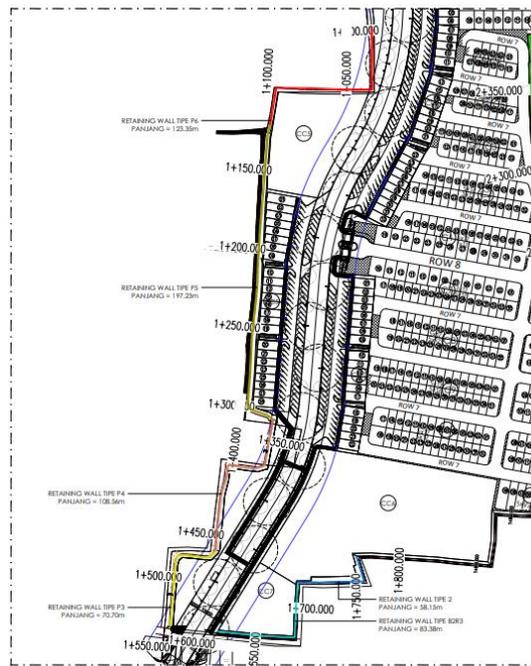
Perhitungan dilakukan dengan menggunakan kondisi dan parameter tanah yang sama. Didapatkan nilai Safety Factor $1.78 \geq 1.5$ yang menunjukkan kondisi tanah memenuhi kriteria kestabilan global.

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Dinding penahan tanah yang direncanakan oleh PT. X memiliki 6 desain dengan total perimeter sepanjang 4,672 km. diambil sebagian dari perimeter yaitu pada STA 1+000 s/d 1+500 untuk diganti menjadi *revetment wall* dengan 4 tipe yaitu P3, P4, P5, dan P6. Gambar 8 merupakan layout perimeter STA 1+000 s/d 1+500 pada design awal dan Gambar 9 merupakan layout perimeter STA 1+000 s/d 1+500 setelah di *value engineering*.



Gambar 8 Layout Retaining wall STA 1+000 s/d 1+500



Gambar 9 Layout *Revetment wall* STA 1+000 s/d 1+500

Dari gambar layout perimeter STA 1+000 s/d 1 +500 dapat dihitung Panjang dinding penahan tanah dan *Revetment wall*, dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Panjang Dinding Penahan Tanah dan *Revetment wall*

Panjang Dinding Penahan Tanah		
B2	94,316	m
B3	133,139	m
B5	42,795	m
B6	229,607	m
Panjang <i>Revetment wall</i>		

P3	70,7	m
P4	108,56	m
P5	197,23	m
P6	123,35	m

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya dirumuskan dari hasil perkalian volume pekerjaan dikali harga satuan pekerjaan. Berikut dilampirkan total rencana anggaran biaya dinding penahan tanah pada STA 1+000 sampai 1+500 pada tabel 7 dan 8 hasil Analisis perhitungan Rencana Anggaran Biaya untuk pekerjaan dinding penahan tanah dan *Revetment wall* dari gambar kerja. harga satuan pekerjaan diperoleh dari pihak kontraktor.

Tabel 7. RAB Dinding Penahan Tanah

Item Pekerjaan	Volume	Harga Satuan	Total
Galian Tanah (m ³)	1388,02	Rp 84.500	Rp 117.287.480
Lantai kerja 5 cm (m ³)	1359,68	Rp 65.000	Rp 88.379.155
Pasang Pondasi + pasir urug 10cm (m ³)	2216,09	Rp 910.000	Rp 2.016.639.347
Langsir Material Batu kali (m ³)	2216,09	Rp 65.000	Rp 144.045.668
Pipa PVC 2" + geotextile/1m	500,00	Rp 91.000	Rp 45.500.000
		Total	Rp 2.411.851.650

Tabel 8. RAB *Revetment wall*

Item Pekerjaan	Volume	Harga Satuan	Total
Galian Tanah (m ³)	874,72	Rp 84.500	Rp 73.913.840
Lantai kerja 5 cm (m ²)	437,36	Rp 65.000	Rp 28.428.400
Pasang Pondasi + pasir urug 10cm (m ³)	828,21616	Rp 910.000	Rp 753.676.706
Langsir Material Batu kali (m ³)	828,21616	Rp 65.000	Rp 53.834.050
Pipa PVC 2" + geotextile/1m	1503	Rp 91.000	Rp 136.773.000
Strauss Pile Dia.20 cm tinggi 6m tiap 5m	102	Rp 2.600.000	Rp 265.200.000
		Total	Rp 1.311.825.996

Dilihat dari tabel 7 dan 8 terdapat item pekerjaan yang serupa kecuali penambahan strauss pile/tiang bor untuk menopang dinding yang akan dibangun diatas *Revetment wall*. Terdapat juga perbedaan yang signifikan pada jumlah pipa PVC yang bertujuan untuk mengurangi tekanan air tanah. Untuk total RAB dinding penahan tanah adalah sebesar Rp 2.411.851.650. Sedangkan untuk alternatif *revetment wall* sebesar Rp 1.311.825.996. Terdapat penurunan biaya sebesar 45.61% dari desain awal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tahapan analisis dinding penahan tanah dengan tinggi 3,3m dan lebar 2,7m didapatkan nilai SF guling $14,4652 \geq 2$, SF Geser $7,0631 \geq 1,5$ eksentrisitas $-0,1914 \leq 0,45$, SF Daya dukung $3,0339 \geq 3$, SF Global $1,94 \geq 1,5$. Alternatif desain yang tersedia adalah *revetment wall* dengan pertimbangan jenis dan kondisi di lapangan, desain *revetment wall* dipergunakan untuk perkuatan lereng tanah kohesif dengan SF Global $1,78 \geq 1,5$. Rencana anggaran biaya untuk dinding penahan tanah dan *revetment wall* adalah sebesar Rp 2.411.851.650 dan Rp 1.311.825.996. Terdapat penurunan biaya sebesar 45,61%

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, G. F., & Kawanda, A. (2022). Perancangan Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Metode Bishop, Fellenius, Janbu, dan Program GEO5. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 4(1), 185–190.
- Arifita, A., Jaya, I., Nugraheni, F., & Am, F. (2019). Penerapan Value Engineering Pada Proyek Pembangunan Gedung (Studi kasus Proyek Pembangunan Gedung Pemeriksa Inspektor Daerah Sleman).
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). "SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik." www.bsn.go.id
- Das, B. M. (2017). *Principles of Foundation Engineering, SI Seventh Edition*.
- Fachrurrozi. (2022). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Pendekatan Value Engineering (Studi Kasus Konservasi Das Gung Kabupaten Tegal)*.
- Junaidi, F. A., Sari, S. N., & Ardian, O. H. (2023). Analisa Rancangan Anggaran Biaya dan Penjadwalan Pada Pembangunan Dinding Penahan Tanah. *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik Dan Ilmu Komputer*, 2(3), 77–86.
- Mawaddah, F., Laksono, T. D., & Purwanto, D. E. (2024). *Analisis Pengaruh Value Engineering Dalam Pemenuhan Dinding Penahan Tanah Terhadap Biaya dan Waktu*.
- Nugroho, D. W. I. F. (2022). *Kajian Rekayasa Nilai Pada Pekerjaan Struktur Atas Gedung (Value Engineering Study Of Upper Structure Building)(Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Drc Pt Bank Bpd Diy)*.
- Prasetya, E. B. (2018). Aplikasi manajemen proyek konstruksi dengan metode critical path dan earned value management. *RESISTOR (ElektRONika KEndali TelekomunikaSI Tenaga LiSTrik KOMputeR)*, 1(2), 53–68.
- Sebayang, A., Oktaviani, R., Winarno, A., Trides, T., Pontus, A. J., & Widiastuti, M. (2022). Analisis Faktor Keamanan Lereng Terhadap Longsor Jalan Trikora Dengan Penanganan Dinding Penahan Tanah. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 8(2), 35–42.

