

EFEKTIVITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA PROYEK DI BOGOR

Juan Sebastian¹ dan Andryan Suhendra²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: juan240797@hotmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: andryansuhendra@yahoo.com

ABSTRAK

Dinding penahan tanah yang paling umum digunakan adalah dinding gravitasi. Walaupun dinding gravitasi paling umum digunakan, tetapi masih banyak jenis dinding penahan tanah yang dapat digunakan, seperti dinding kantilever, bronjong, dan geogrid. Dilakukan perhitungan stabilitas global, guling, geser, dan daya dukung tanah. Setelah itu akan dilakukan perhitungan biaya untuk dibandingkan dinding penahan tanah jenis apa yang paling efisien. Penelitian ini dilakukan dengan perhitungan menggunakan program berbasis metode elemen hingga, pada penelitian ini membahas mengenai stabilitas dinding penahan tanah pada kondisi setelah pemasangan dinding penahan tanah. Pada salah satu proyek di Bogor dengan Angka faktor keamanan stabilitas global untuk keempat dinding penahan tanah berkisar di antara 1,5 – 1,6. Angka faktor keamanan geser, guling, dan daya dukung tanah *gravity wall* 6,84; 11,4; dan 8,15. Angka keamanan *cantilever wall* 7,6; 17,7; dan 9,07. Angka keamanan bronjong 7,6; 5,2; dan 14,1. Angka keamanan *geogrid* 8,1; 14,5; dan 23,5. Dari hasil analisis keempat jenis dinding penahan tanah yang didesain, keempatnya telah memenuhi ketahanan stabilitas global, guling dan geser. Sementara dari sudut pandang biaya, dari hasil analisis keempat jenis dinding penahan tanah yang didapat bahwa dinding penahan tanah jenis *geogrid* memiliki harga yang paling ekonomis. Hasil desain dan analisis tergantung pada jenis dan kondisi tanah di lokasi proyek.

Kata kunci: dinding penahan tanah, dinding gravitasi, dinding kantilever, bronjong, geogrid

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada suatu konstruksi dengan adanya perbedaan elevasi tanah, dibutuhkan sebuah struktur dinding penahan tanah agar tidak terjadi kelongsoran. Dinding penahan tanah yang umum digunakan di Indonesia ini adalah *gravity wall*. Walaupun *gravity wall* paling umum digunakan, tetapi masih banyak jenis dinding penahan tanah yang dapat digunakan, seperti *cantilever wall*, bronjong, dan geogrid. Oleh karena itu, dalam penulisan ini akan menghitung dan membandingkan kestabilan dan angka keamanan dari 4 jenis dinding penahan tanah, yaitu tersebut. Angka keamanan struktur dinding penahan tanah yang akan dihitung antara lain stabilitas global, stabilitas guling, stabilitas geser, pengecekan eksentrisitas, dan tahanan daya dukung tanah. Setelah menghitung kestabilan dan faktor keamanan, akan dilakukan perhitungan biaya untuk membandingkan dinding penahan tanah yang paling efisien.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan-batasan masalah yang digunakan sebagai berikut:

1. Parameter – parameter tanah yang digunakan akan dikorelasi bila diperlukan.
2. Tinggi dinding penahan tanah 6 m.
3. Jenis tanah di belakang dinding penahan tanah berupa pasir.
4. Analisa menggunakan program berbasis elemen hingga.
5. Gaya gempa dan gaya luar tidak diperhitungkan.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas ialah:

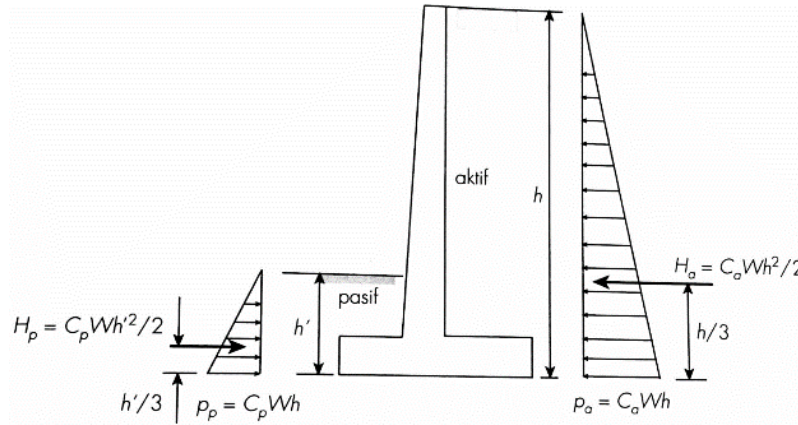
1. Analisis angka keselamatan dinding penahan tanah.
2. Analisis perhitungan biaya dinding penahan tanah.
3. Membandingkan efisiensi 4 jenis dinding penahan tanah.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain 4 jenis dinding penahan tanah dan membandingkan dinding penahan mana yang paling efisien.

Tekanan Lateral Aktif dan Pasif

Tekanan tanah lateral aktif dan pasif pada analisis ini didasari oleh teori Rankine dengan mengasumsikan bahwa dinding penahan pada kondisi vertikal, tidak ada gesekan antara tanah dan dinding, tanah homogen, tak termampatkan, dan isotropik. Selain itu, tanah adalah lepas dan berada pada keadaan diam (*at rest*).



Gambar 1. Tekanan aktif dan pasif pada dinding penahan tanah (Setiawan, 2016)

Stabilitas Guling

Berdasarkan SNI 8460:2017, angka faktor keamanan guling minimum yang disyaratkan sebesar 2. Angka faktor keamanan (F_k) terhadap guling dapat diperoleh dari persamaan:

$$F_k = \frac{\sum MR}{\sum Mo} \quad (1)$$

dengan $\sum M_R$ = jumlah momen penahan guling, $\sum M_O$ = jumlah momen guling pada dinding penahan tanah.

Stabilitas Geser

Berdasarkan SNI 8460:2017, angka faktor keamanan geser minimum yang disyaratkan sebesar 1,5. Angka faktor keamanan (F_k) terhadap geser dapat diperoleh dari persamaan:

$$F_k = \frac{(\sum V) \tan \delta + B \times Ca}{\sum H} \quad (2)$$

dengan ca = adhesi antara dasar dinding dan tanah, $\sum H$ = gaya horizontal pada dinding, $\sum V$ = jumlah gaya vertikal pada dinding, B = lebar telapak dinding penahan tanah, δ = friksi antara dinding dan tanah

Pengecekan Eksentrisitas

Eksentrisitas yang terjadi pada struktur dinding penahan tanah dapat diperoleh dari persamaan:

$$e = \frac{B}{4} - \frac{\sum M}{\sum V} \quad (3)$$

Dengan $\sum M$ = jumlah momen yang bekerja pada dinding dan $\sum V$ adalah jumlah gaya vertikal pada dinding

Daya Dukung Tanah

Tekanan maksimum yang bekerja pada dasar pondasi dapat diperoleh dari persamaan:

$$P_{max} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \quad (4)$$

dengan P_{max} = tekanan maksimum pada dasar pondasi, e = eksentrisitas

Pmax tidak boleh melebihi tekanan tanah yang diijinkan dari kapasitas daya dukung pondasi. Daya dukung ultimit (q_u) pada pondasi jalur dapat dihitung dengan persamaan:

$$q_u = c_f N_c d_{c_i} + q N_q d_{q_i} + 0.5 \gamma_f B' N_{\gamma} d_{\gamma_i} \quad (5)$$

dengan c_f = kohesi pada tanah pondasi, γ_f = berat volume tanah pondasi, ϕ_f = kuat geser tanah pondasi, D_f = kedalaman dinding yang tertanam, N = faktor daya dukung, d = faktor kedalaman.

Analisis Biaya

Perhitungan biaya dinding penahan tanah berpedoman pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 28/PRT/M/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. Sedangkan harga material dan pekerja berdasarkan daftar standar satuan harga kota Bogor.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Pada pengkajian teknis kali ini lokasi proyek yang ditinjau adalah salah satu proyek di daerah Bogor. Data yang dikumpulkan adalah berdasarkan hasil peninjauan di lokasi proyek dengan mengumpulkan hasil uji tanah yang telah dilakukan. Data yang dikumpulkan adalah data hasil tes SPT (*Standart Penetration Test*), hasil uji laboratorium, dan kondisi awal lereng.

Metode Analisis Data

Sebelum dilakukannya analisis, dilakukan studi literatur terlebih dahulu untuk dapat memahami objek serta metode-metode yang akan diteliti. Studi literatur ini dilakukan melalui buku dan jurnal-jurnal. Hasil studi literatur digunakan sebagai landasan teori untuk mengkaji secara teknis stabilitas global, stabilitas guling, stabilitas geser, dan kekuatan daya dukung tanah untuk menahan struktur dinding penahan tanah. Hasil analisis berupa grafik perbandingan angka keamanan dan biaya pembuatan dinding penahan tanah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Tanah

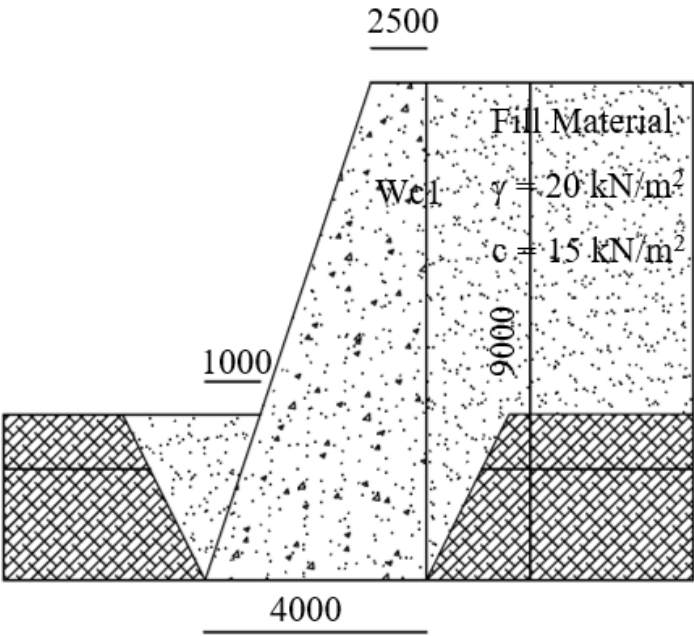
Parameter tanah yang diperlukan dalam proses analisis didapat dari hasil uji laboratorium dan korelasi dari data tanah yang tersedia. Kesimpulan parameter tanah yang digunakan dalam proses analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kesimpulan Parameter Tanah

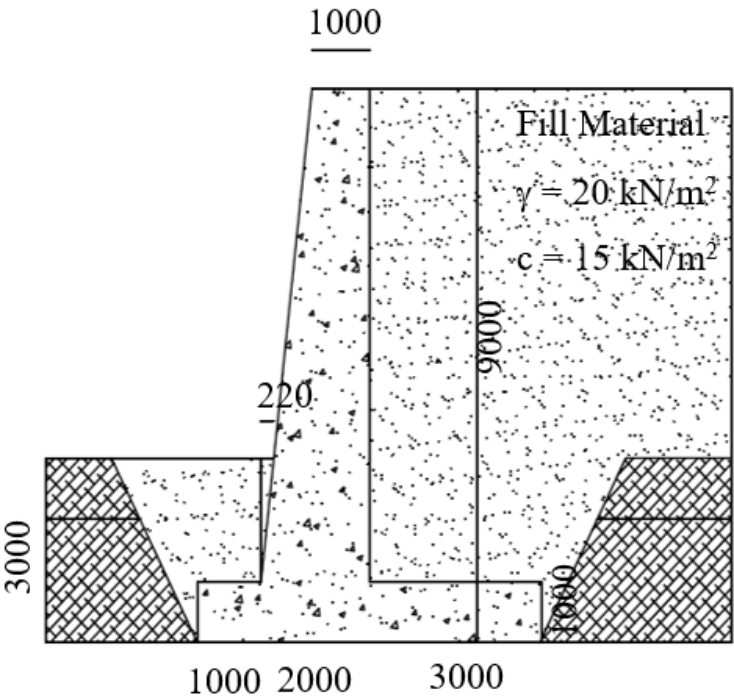
Depth (m)	Soil Type	Soil Consistency	γ_{sat} (kN/m ³)	Su (kN/m ²)	c' (kN/m ²)	E' (kN/m ²)	ϕ (°)	ν
0-1	Silt	Soft	13,53	10	23	2100	23	0,3
1-3	Silt	Soft	14,08	35	12	7350	24	0,3
3-5	Silt	Stiff	18,81	165	32	34650	32	0,3
5-7	Silt	Hard	19,36	285	95	59850	34	0,3
7-9	Silt	Hard	19,36	300	100	63000	34	0,3
9-14	Silt	Hard	19,36	300	100	63000	34	0,3

Desain Struktur Dinding Penahan Tanah

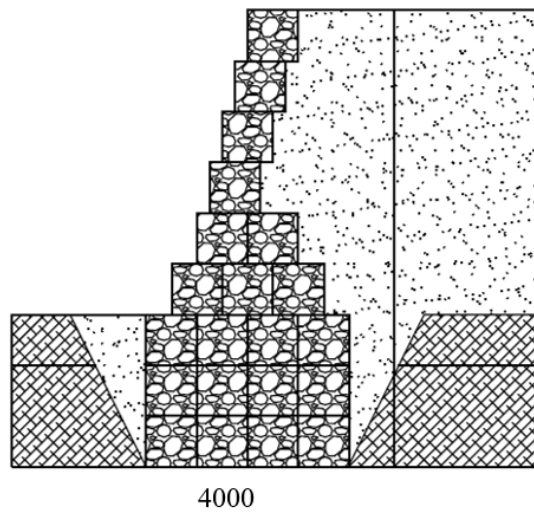
Dimensi desain keempat jenis dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 2. sampai dengan Gambar 5.



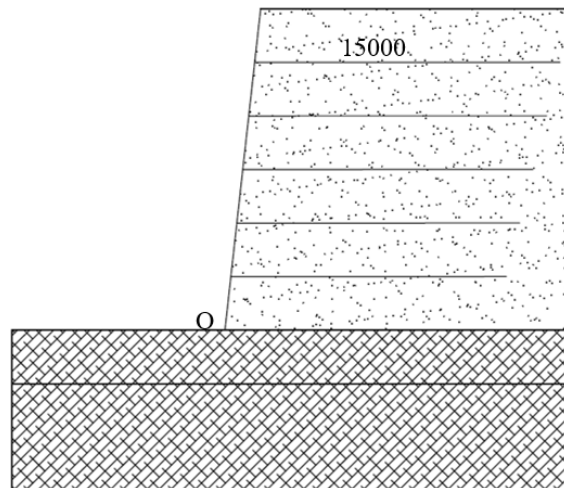
Gambar 2. Desain Dinding Penahan Tanah Gravity Wall



Gambar 3. Desain Dinding Penahan Tanah Cantilever Wall



Gambar 4. Desain Dinding Penahan Tanah Bronjong



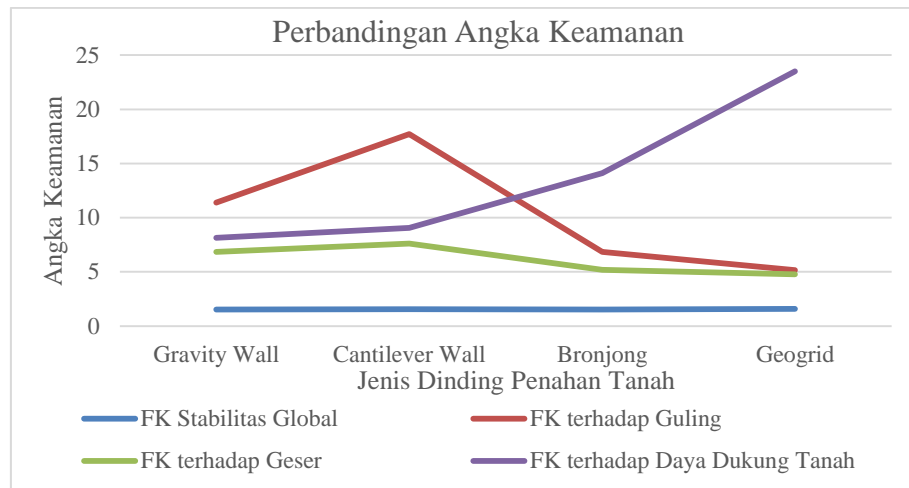
Gambar 5. Desain Dinding Penahan Tanah *Geogrid*

Analisis Angka Keamanan

Pada bagian analisis angka keamanan dinding penahan tanah akan dianalisis stabilitas global, stabilitas guling, stabilitas geser dinding penahan tanah, dan kekuatan daya dukung tanah untuk menahan struktur dinding penahan tanah di atasnya. Hasil analisis angka keamanan dapat dilihat pada Tabel 2. dan perbandingan angka keamanan dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 2. Angka Faktor Keamanan Dinding Penahan Tanah

Jenis Dinding Penahan Tanah	FK Stabilitas Global	FK terhadap Guling	FK terhadap Geser	FK terhadap Daya Dukung Tanah
<i>Gravity Wall</i>	1,51	11,4	6,84	8,15
<i>Cantilever Wall</i>	1,55	17,70	7,60	9,07
Bronjong	1,51	6,84	5,20	14,1
<i>Geogrid</i>	1,58	5,15	4,77	23,5



Gambar 6. Perbandingan Angka Keamanan Dinding Penahan Tanah

Analisis Biaya Pembuatan Dinding Penahan Tanah

Pada bagian analisis biaya akan dianalisis biaya pembuatan dari keempat jenis dinding penahan tanah berdasarkan analisis harga satuan tahun 2016. Rekapitulasi biaya pengerjaan keempat dinding penahan tanah dapat dilihat pada Tabel 3. sampai dengan Tabel 6.

Tabel 3. Rekapitulasi Biaya Pembuatan *Gravity Wall*

Jenis Pekerjaan	Volume (per m')	Harga (per m')
Menggali 1 m ³ tanah biasa sedalam 3 meter	16,5	Rp 1.491.274,62
Pembuangan 1 m ³ tanah sejauh 30m	16,5	Rp 444.602,02
Pengurugan kembali 1 m ³ tanah galian	5,25	Rp 238.491,65
Pengurugan 1 m ³ dengan pasir urug	36	Rp 13.301.734,06
Pemadatan tanah 1 m ³ tanah (per 20cm)	41,25	Rp 1.873.862,93
Pemasangan 1m ³ pondasi batu kali, campuran 1SP:2PP	29,25	Rp 30.039.384,38
Pemasangan 1m ² finishing siar pasangan batu kali, campuran 1SP:2PP	20,7	Rp 1.079.411,85
TOTAL BIAYA		Rp 48.468.757,82

Tabel 4. Rekapitulasi Biaya Pembuatan *Cantilever Wall*

Jenis Pekerjaan	Volume (per m')	Harga (per m')
Menggali 1 m ³ tanah biasa sedalam 3 meter	22,5	Rp 2.033.556,30
Pembuangan 1 m ³ tanah sejauh 30m	22,5	Rp 606.275,49
Pengurugan kembali 1 m ³ tanah galian	12,28	Rp 557.843,33
Pengurugan 1 m ³ dengan pasir urug	36	Rp 13.301.734,06
Pemadatan tanah 1 m ³ tanah (per 20cm)	48,28	Rp 2.193.214,67
Pekerjaan membuat 1m ³ beton mutu f _c = 31.2 MPa, Slump (120±20) mm dengan Ready Mix	18	Rp 24.376.049,28
Pembesian 10 kg dengan besi ulir	30	Rp 6.266.205,00
Pekerjaan Pemasangan 1 m ² Bekisting	28,1	Rp 4.256.616,10
Menyirami 100 m ² permukaan beton menggunakan media karung goni selama 4 hari	0,231	Rp 66.574,20
TOTAL BIAYA		Rp 53.640.064,68

Tabel 5. Rekapitulasi Biaya Pembuatan Bronjong

Jenis Pekerjaan	Volume (per m')	Harga (per m')
Menggali 1 m ³ tanah biasa sedalam 3 meter	16,5	Rp 1.491.274,62
Pembuangan 1 m ³ tanah sejauh 30m	16,5	Rp 444.602,02
Pengurugan kembali 1 m ³ tanah galian	4,5	Rp 204.421,42
Pengurugan 1 m ³ dengan pasir urug	36	Rp 13.301.734,06
Pemadatan tanah 1 m ³ tanah (per 20cm)	40,5	Rp 1.839.792,75
Pasangan bronjong pabriksi (tenaga kerja untuk 1m ³ batu bronjong)	21	Rp 13.963.950,00
TOTAL BIAYA		Rp 31.245.771,15

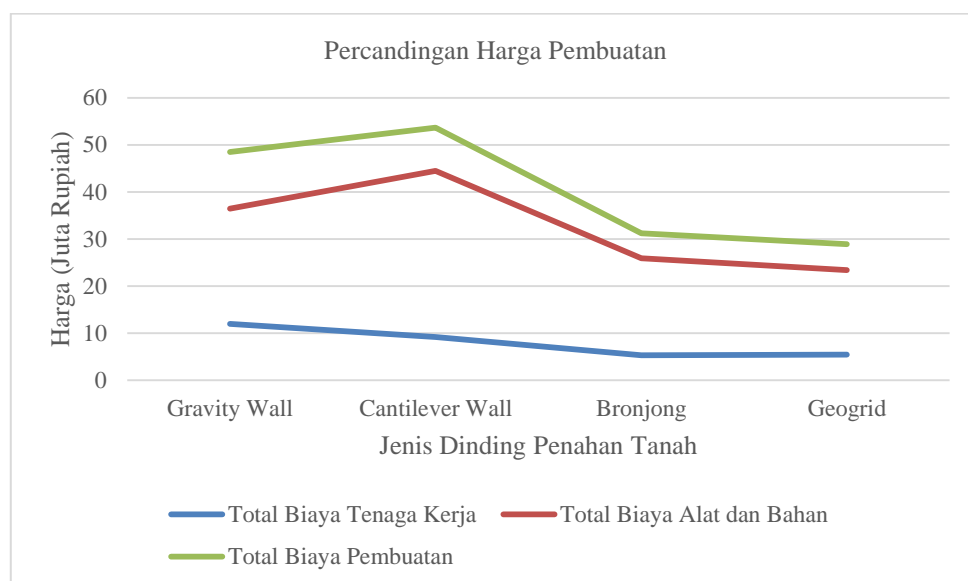
Tabel 6. Rekapitulasi Biaya Pembuatan *Geogrid*

Jenis Pekerjaan	Volume (per m')	Harga (per m')
Pengurugan 1 m ³ dengan pasir urug	60	Rp 22.169.550,60
Pemadatan tanah 1 m ³ tanah (per 20cm)	60	Rp 2.725.618,80
Pemasangan <i>Geogrid</i>	75	Rp 3.989.700,00
TOTAL BIAYA		Rp 28.884.869,40

Berdasarkan hasil analisis diatas, rangkuman biaya pembuatan dinding penahan tanah dapat dilihat pada Tabel 7. dan perbandingan biaya pembuatan keempat jenis dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 7. Rangkuman Biaya Pembuatan Dinding Penahan Tanah

Jenis Dinding Penahan Tanah	Total Biaya Tenaga Kerja	Total Biaya Alat dan Bahan	Total Biaya Pembuatan
<i>Gravity Wall</i>	Rp 12.023.563,10	Rp 36.445.194,72	Rp 48.468.757,80
<i>Cantilever Wall</i>	Rp 9.193.154,10	Rp 44.446.910,60	Rp 53.640.064,70
Bronjong	Rp 5.339.812,80	Rp 25.905.958,32	Rp 31.245.771,15
<i>Geogrid</i>	Rp 5.469.772,20	Rp 23.415.097,20	Rp 28.884.869,40



Gambar 8. Perbandingan Biaya Pembuatan Dinding Penahan Tanah

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian teknis, analisis, dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Angka faktor keamanan stabilitas global untuk keempat dinding penahan tanah berkisar diantara 1,5 – 1,6. Angka faktor keamanan geser, guling, dan daya dukung tanah masing-masing dinding penahan tanah sebagai berikut:
 - *gravity wall* memiliki angka keamanan geser 6,84; angka keamanan guling 11,4; dan angka keamanan daya dukung tanah 8,15.
 - *Cantilever wall* memiliki angka keamanan geser 7,6; angka keamanan guling 17,7; dan angka keamanan daya dukung tanah 9,07.
 - Bronjong memiliki angka keamanan geser 7,6; angka keamanan guling 5,2; dan angka keamanan daya dukung tanah 14,1.
 - *Geogrid* memiliki angka keamanan geser 8,1; angka keamanan guling 14,5; dan angka keamanan daya dukung tanah 23,5.
2. Keempat jenis dinding penahan tanah yang didesain, telah memenuhi ketahanan stabilitas global, guling, geser, dan daya dukung tanah.
3. Hasil analisis biaya dari keempat jenis dinding penahan tanah didapat bahwa dinding penahan tanah jenis geogrid memiliki harga yang paling ekonomis.
4. Hasil desain dan analisis tergantung pada jenis dan kondisi tanah di lokasi proyek.

DAFTAR PUSTAKA

Setiawan, Agus. *Perancangan Struktur Beton Bertulang*. 2016. Jakarta: Erlangga
Badan Standarisasi Nasional. *SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. 2017. Jakarta: BSN
Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 28/PRT/M/2016. *Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*.