

PERBANDINGAN ANALISA STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH TIPE GRAVITASI DAN KANTILEVER MENGGUNAKAN GEOSTUDIO SLOPE/W PADA PROYEK JALUR LINTAS SELATAN LOT 7 BLITAR

Novita Anggraini¹, Indah Ria Riskiyah², Ferel Ferdy Juan Purnomo³

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{1,2,3}

Email: novitaanggraini@polinema.ac.id, indahria@polinema.ac.id, ferdyjuan31@gmail.com

ABSTRAK

Saat pembangunan infrastruktur jalan, tidak jarang harus membelah perbukitan agar pekerjaan menjadi lebih efisien. Galian bukit-bukit tersebut mengakibatkan adanya lereng baru yang berada disamping kanan dan kiri jalan. Lereng yang tidak stabil dapat mengalami pergeseran yang mengakibatkan kelongsoran. Dalam menjaga stabilitas lereng dari kelongsoran, terutama yang memiliki daya dukung kurang baik maka harus diberikan suatu sistem perkuatan tanah salah satunya menggunakan dinding penahan tanah. Struktur dinding penahan tanah harus mampu menahan beban dari tanah dan beban dari luar. Maka, harus dilakukan analisa perhitungan nilai faktor keamanan lereng dan dinding penahan tanah. Perhitungan nilai faktor keamanan dinding penahan tanah dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan aplikasi. Pada penelitian ini, perhitungan nilai faktor keamanan dinding penahan tanah menggunakan program Geostudio SLOPE/W 2012. Pada Proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7 ini terdapat beberapa titik lereng yang rawan terjadi kelongsoran, salah satunya yaitu pada STA 6+975. Perkuatan tanah pada Proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7 STA 6+975 ini yaitu menggunakan dinding penahan tanah kantilever yang dikombinasikan dengan pondasi strauss sedalam 3.5 meter. Dalam penelitian sebelumnya (Purnomo, 2022), analisis stabilitas dinding penahan tanah kantilever yang dikombinasi pondasi strauss kedalaman 3.5 meter ini aman terhadap geser, guling, serta daya dukung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever dan tipe gravitasi yang keduanya dikombinasikan dengan pondasi strauss dengan menggunakan variasi kedalaman yang berbeda – beda. Hasil analisis perhitungan stabilitas dinding penahan tanah gravitasi dan kantilever berdasarkan hasil analisis menggunakan program Geostudio SLOPE/W 2012 menghasilkan nilai faktor keamanan (FS) yang tidak jauh berbeda. Misalkan nilai faktor keamanan (FS) pada kedalaman pondasi 2.5 m, tipe gravitasi 2.475 dan tipe kantilever 2.454. Nilai faktor keamanan (FS) akan semakin besar jika kedalaman pondasi strauss semakin panjang.

Kata kunci : stabilitas dinding penahan; tipe gravitasi; tipe kantilever; faktor keamanan (FS); Geostudio SLOPE/W 2012

ABSTRACT

When building road infrastructure, it is not uncommon to have to split hills so that work becomes more efficient. The excavation of these hills resulted in new slopes on the right and left sides of the road. Unstable slopes can experience a shift resulting in a slide. In maintaining slope stability from sliding, especially those with poor bearing capacity, a soil reinforcement system must be provided, one of which is using a retaining wall. The retaining wall structure must be able to withstand loads from the soil and external loads. So, an analysis must be carried out to calculate the value of the factor of safety for slopes and retaining walls. Calculation of the value of the safety factor of retaining walls can be done manually or using an application. In this study, the calculation of the value of the safety factor for retaining walls used the Geostudio SLOPE/W 2012 program. In the Lot 7 Southern Route Project there are several slope points that are prone to landslides, one of which is at STA 6+975. Soil strengthening in the South Cross Route Project Lot 7 STA 6+975 is using a cantilever retaining wall combined with a 3.5 meter deep Strauss foundation. In a previous study (Purnomo, 2022), an analysis of the stability of the cantilever retaining wall combined with the 3.5 meter deep Strauss foundation is safe against shear, overturning, and bearing capacity. This study aims to compare the stability of the cantilever type and gravity type retaining walls, both of which are combined with the Strauss foundation using different depth variations. The results of the analysis of the calculation of the stability of the gravity and cantilever retaining walls based on the results of the analysis using the Geostudio SLOPE/W 2012 program yielded a factor of safety (FS) value that was not much different. For example, the value of the safety factor (FS) at the foundation depth is 2.5 m,

the gravity type is 2.475 and the cantilever type is 2.454. The factor of safety (FS) will be greater if the depth of the Strauss foundation is longer.

Keywords : retaining wall stability; gravitation type; cantilever type; safety factor(FS); Geostudio SLOPE/W 2012

1. PENDAHULUAN

Wilayah geografis Indonesia yang terdiri dari pegunungan dan perbukitan, menjadikan banyak infrastruktur jalan memiliki kontur yang curam. Saat pembangunan infrastruktur jalan, tidak jarang harus membelah perbukitan agar pekerjaan menjadi lebih efisien. Galian bukit-bukit tersebut mengakibatkan adanya lereng-lereng baru yang berada disamping kanan dan kiri jalan. Lereng merupakan bidang miring yang tercipta karena adanya beda tinggi antara bidang tanah dan bidang lainnya dan dapat terjadi akibat alam maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami contohnya lereng perbukitan, tebing sungai dan lain-lain, sedangkan yang diakibatkan oleh manusia seperti galian timbunan badan jalan, bendungan, jalur kereta api, tanggul dan lain-lain. Lereng yang tidak stabil dapat mengalami pergeseran yang mengakibatkan kelongsoran.

Dalam menjaga stabilitas lereng dari kelongsoran, terutama yang memiliki daya dukung kurang baik maka harus diberikan suatu sistem perkuatan tanah salah satunya menggunakan dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah adalah suatu bangunan konstruksi yang berfungsi sebagai penyetabil lereng dengan daya dukung tanah yang kurang baik. Dinding penahan tanah memiliki beberapa macam tipe berdasarkan bentuknya, salah satunya yaitu tipe gravitasi dan kantilever.

Struktur dinding penahan tanah harus mampu menahan beban dari tanah dan beban dari luar. Maka, harus dilakukan analisa perhitungan nilai faktor keamanan lereng dan dinding penahan tanah. Perhitungan nilai faktor keamanan dinding penahan tanah dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan aplikasi. Pada penelitian ini, perhitungan nilai faktor keamanan dinding penahan tanah menggunakan program Geostudio SLOPE/W 2012.

Pada Proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7 ini terdapat beberapa titik lereng yang rawan terjadi kelongsoran, salah satunya yaitu pada STA 6+975. Perkuatan tanah pada Proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7 STA 6+975 ini yaitu menggunakan dinding penahan tanah kantilever yang dikombinasikan dengan pondasi strauss sedalam 3.5 meter. Dalam penelitian sebelumnya (Purnomo, 2022), analisis stabilitas dinding penahan tanah kantilever yang dikombinasi pondasi strauss kedalaman 3.5 meter ini aman terhadap geser, guling, serta daya dukung pada proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7 STA

6+975. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever dan tipe gravitasi yang keduanya dikombinasikan dengan pondasi strauss dengan menggunakan variasi kedalaman yang berbeda – beda.

2. METODE

Stabilitas Lereng

Lereng merupakan bidang miring yang tercipta karena adanya beda tinggi antara bidang tanah dan bidang lainnya dan dapat terjadi akibat alam maupun buatan manusia. Analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Jadi lereng stabil atau tidak stabil dinilai dari besarnya nilai faktor aman (*safety factor*, FS).

Ray dan De Smitd dikutip dalam Hardiyatmo (2018) menyarankan kestabilan lereng yang dikaitkan dengan faktor aman, seperti pada tabel **Tabel 1.** dalam tabel tersebut lereng dikategorikan berdasarkan nilai angka keamanannya.

Tabel 1. Klasifikasi Kestabilan Lereng (Ray dan De Smedt, 2009)

Angka Keamanan	Klasifikasi kestabilan lereng	Keterangan
FS > 1,5	Stabil	Hanya gangguan besar yang dapat membuat kestidakstabilan
1,25 < FS < 1,5	Kestabilan sedang	Gangguan ketidakstabilan sedang dapat membuat ketidakstabilan
1 < FS < 1,25	Agak stabil	Gangguan ketidakstabilan minor dapat mengganggu stabilitas
F < 1	Tidak stabil	Memerlukan perbaikan stabilitas lereng

Sumber : Hardiyatmo, 2018

Stabilitas lereng dipengaruhi oleh kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ). Pada umumnya semakin kering tanah faktor amannya juga semakin tinggi, sedangkan semakin menuju ke jenuh faktor aman tanah tersebut juga semakin rendah. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan.

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (1)$$

dimana :

- τ = tahanan geser maksimum oleh tanah
- τ_d = tegangan geser tanah yang akan longsor

Dinding Penahan Tanah

Terdapat beberapa tipe dinding penahan tanah menurut Hardiyatmo (2002), antara lain:

1) Dinding gravitasi

Dinding gravitasi adalah dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu. Sedikit tulangan beton kadang-kadang diberikan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperatur.

2) Dinding semi gravitasi

Dinding semi gravitasi adalah dinding gravitasi yang berbentuk agak ramping. Karena ramping, pada strukturnya diperlukan penulangan beton, namun hanya pada bagian dinding saja. Tulangan beton yang berfungsi sebagai pasak, dipasang untuk menghubungkan bagian dinding dan pondasi.

3) Dinding kantilever

Dinding kantilever adalah dinding yang terdiri dari kombinasi dinding dan beton bertulang yang berbentuk huruf T. ketebalan dari kedua bagian ini relatif tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja padanya.

4) Dinding counterfort

Dinding counterfort adalah dinding yang terdiri dari dinding beton bertulang tipis di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut counterfort (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi, diantara counterfort diisi dengan tanah urug.

5) Dinding krib

Dinding krib merupakan dinding yang terdiri dari balok-balok beton yang disusun menjadi dinding penahan.

6) Dinding tanah bertulang (*reinforced earth wall*)

Dinding tanah bertulang atau dinding tanah diperkuat (*reinforced earth wall*) adalah dinding yang terdiri dari dinding yang berupa timbunan tanah yang diperkuat dengan bahan-bahan tertentu yang terbuat dari geosintetik maupun dari metal.

Analisis Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah dapat dianalisis oleh beberapa faktor diantaranya :

- a. Tekanan tanah lateral pada dinding penahan
Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur dinding penahan tanah. Menurut Hardiyatmo (2002), teori tekanan tanah

lateral dibagi menjadi 2 yaitu teori Rankine dan Teori Coulomb.

- b. Stabilitas dinding penahan terhadap penggeseran
Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh gesekan antara tanah dengan dasar fondasi dan ekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}) didefinisikan sebagai :

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5 \quad (2)$$

dimana :

- $\sum R_h$ = tahanan dinding terhadap pergeseran
- $\sum P_h$ = jumlah gaya-gaya horizontal

- c. Stabilitas dinding penahan terhadap penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi yang berada di ujung kaki depan pelat pondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah diatas pelat fondasi.

Faktor aman akibat terhadap penggulingan (F_{gl}) didefinisikan sebagai :

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \quad (3)$$

Dimana :

- $\sum M_w$ = momen yang melawan penggulingan (kN.m)
- $\sum M_{gl}$ = momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m)

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}) bergantung pada jenis tanahnya yaitu :

- $F_{gl} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler
- $F_{gl} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

- d. Stabilitas dinding penahan terhadap kapasitas dukung tanah

Beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah, seperti persamaan-persamaan kapasitas dukung Terzaghi (1943), Meyerhof (1951,1963), dan Hansen (1961). Pada perhitungan kali ini persamaan yang digunakan yaitu persamaan Meyerhof untuk beban eksentris.

Kapasitas dukung ultimit untuk beban eksentris menurut Meyerhof dalam Das (2011) dihitung dengan persamaan:

$$qu = c \cdot N_c \cdot Fcd \cdot Fci + q \cdot N_q \cdot Fqd \cdot Fqi + \frac{1}{2} \gamma_3 \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot Fyd \cdot Fyi \quad (4)$$

Dimana:

- Fcd, Fqd, Fyd = faktor kedalaman
- Fci, Fqi, Fyi = faktor kemiringan
- N_c, N_q dan N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Meyerhof
- γ = berat volume tanah (kN/m³)
- B = lebar fondasi dinding penahan tanah (m)
- B' = Lebar efektif pondasi dinding penahan tanah (m)
- c = kohesi

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai :

$$FS = \frac{q_u}{q_{maks}} \geq 3 \quad (5)$$

Geostudio Slope/W 2012

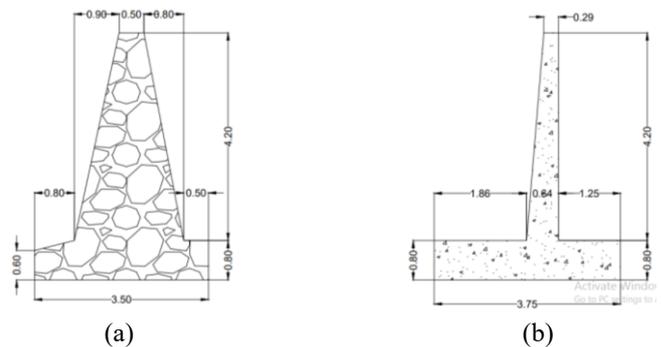
Geostudio merupakan sebuah program aplikasi yang digunakan untuk mendesain geoteknik dan geo-lingkungan. SLOPE/W digunakan untuk mengetahui nilai faktor keamanan (*safety factor*) suatu lereng. Untuk menghitung nilai faktor keamanan, pada analisis SLOPE/W banyak metode yang dapat digunakan, yaitu Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer, dan Finite element.

Nilai faktor keamanan (FS) yang didapat dari hasil perhitungan analisis stabilitas lereng tipe SLOPE/W dimana kekuatan geser tanah yang tereduksi sampai massa tanah pada daerah gelincir atau wilayah kelongsoran mencapai keadaan kesetimbangan batas. Sehingga nilai faktor keamanan yang didapatkan merupakan faktor keamanan untuk keseluruhan lereng secara global terhadap kemungkinan terjadi longsor.

Data yang diperlukan untuk analisis SLOPE/W adalah input parameter dari material tanah, input beban gempa jika diperlukan, input pemilihan jenis *slip surface* dan input garis freatiknya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7 Blitar STA 6+975, kondisi lerengnya menggunakan perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever dikombinasikan dengan pondasi strauss (*Strauss Pile*) sedalam 3.5 meter. Dimensi dinding penahan tanah tipe kantilever dapat dilihat pada **Gambar 1. (b)**. Penelitian ini, dilakukan untuk membandingkan analisa stabilitas lereng jika dinding penahan tanah diganti menggunakan tipe gravitasi dan divariasikan kedalaman pondasi straussnya.



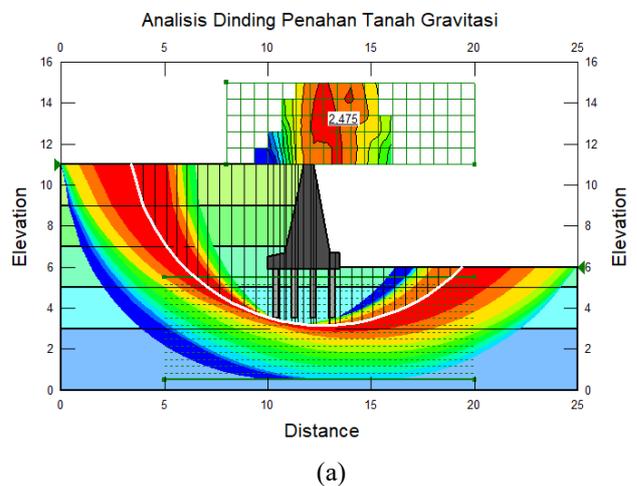
Gambar 1. Dimensi Ukuran Dinding Penahan Tanah

(a) Tipe Gravitasi (b) Tipe Kantilever

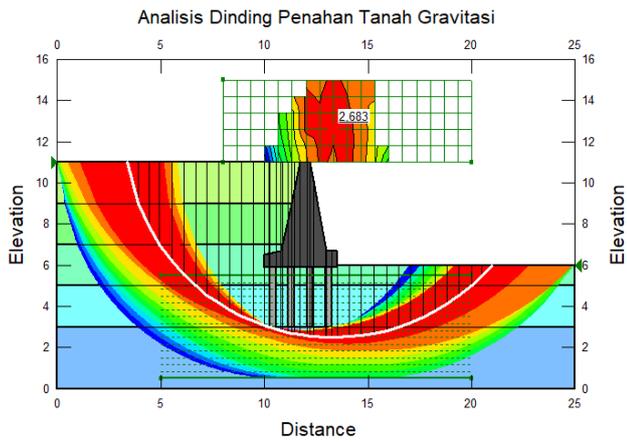
Sumber: Hasil Analisis

Gambar 1. (a) merupakan gambar dimensi dinding penahan tanah tipe gravitasi yang ukuran dimensinya dibuat berdasarkan buku Das, 9th edition *Principle Of Foundation Engineering*.

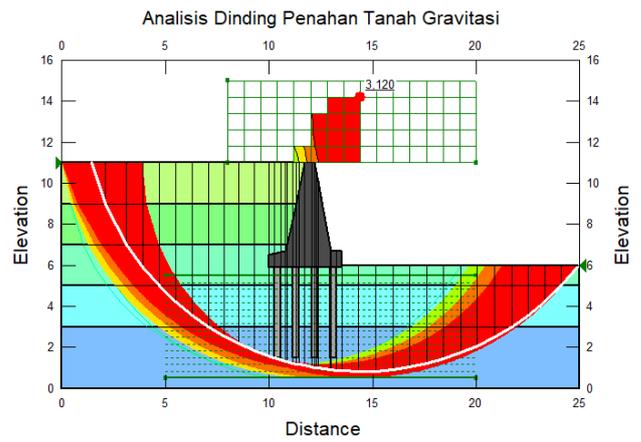
Berikut ini merupakan hasil analisa nilai faktor keamanan menggunakan aplikasi GEOSLPE/W. **Gambar 2.** Menunjukkan hasil analisa kestabilan lereng yang diperkuat oleh didinding penahan tanah tipe gravitasi dengan variasi kedalaman yang berbeda – beda. Variasi kedalaman yang di ujikan dimulai pada kedalaman 2.5 – 5 meter dengan penambahan per kedalaman 0.5 meter.



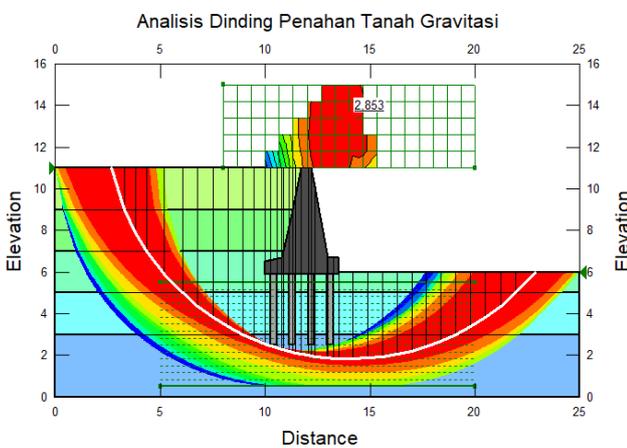
(a)



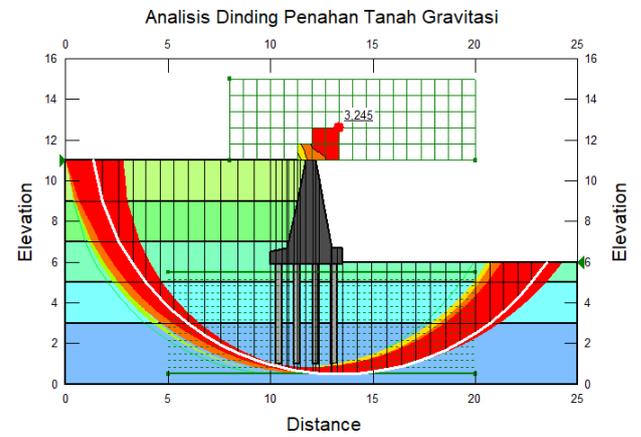
(b)



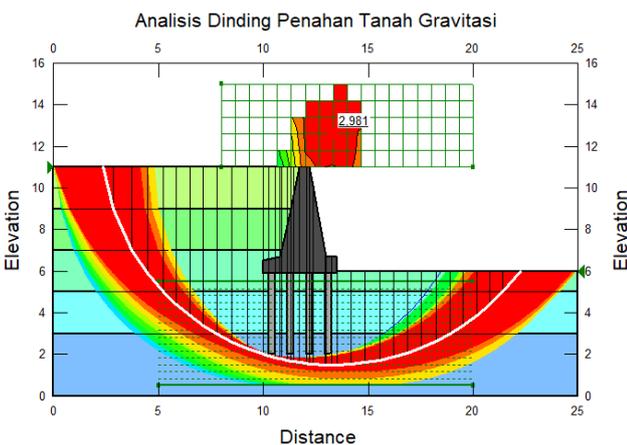
(c)



(d)



(e)



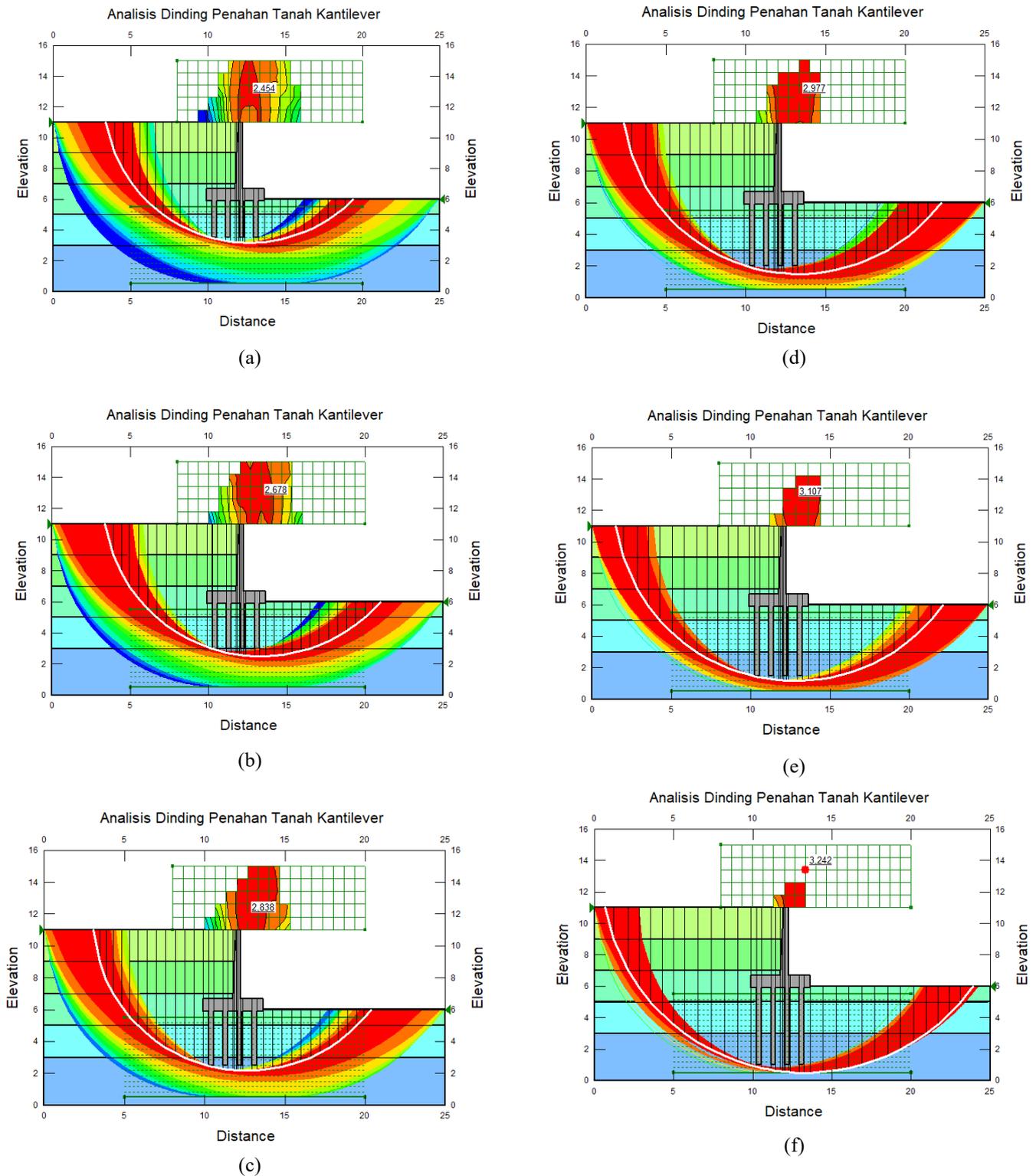
(f)

Gambar 2. Analisa Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi menggunakan SLOPE/W

(a) $L = 2.5$ m ; (b) $L = 3.0$ m ; (c) $L = 3.5$ m ; (d) $L = 4.0$ m ;
(e) $L = 4.5$ m ; (f) $L = 5.0$ m

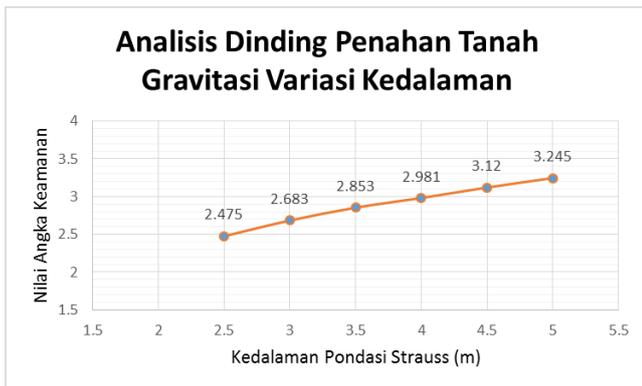
Sumber: Hasil Analisis

Gambar 3. Menunjukkan hasil analisa kestabilan lereng yang diperkuat oleh dinding penahan tanah tipe kantilever dengan variasi kedaman yang berbeda – beda. Pada **Gambar 2** dan **3** menunjukkan bahwa semakin dalam pondasi strauss, maka lengkung garis kritis (garis longsor) semakin besar juga sehingga mengakibatkan nilai faktor keamanannya semakin besar.



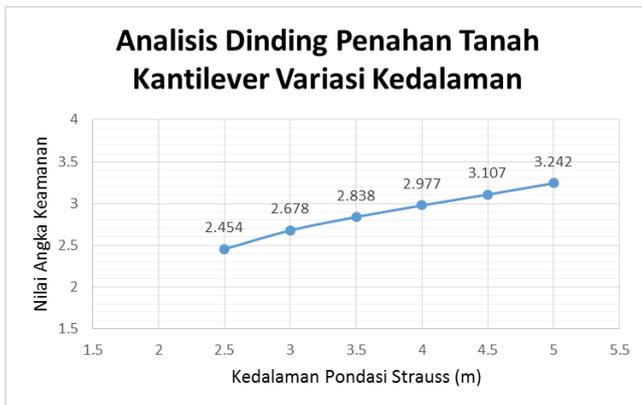
Gambar 3. Analisa Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever menggunakan SLOPE/W
 (a) L = 2.5 m ; (b) L = 3.0 m ; (c) L = 3.5 m ; (d) L = 4.0 m ;
 (e) L = 4.5 m ; (f) L = 5.0 m

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 4. Grafik Angka Keamanan vs Kedalaman (Tipe Gravitasi)

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 5. Grafik Angka Keamanan vs Kedalaman (Tipe Kantilever)

Sumber: Hasil Analisis

Hasil dari analisis menggunakan GEOSLOPE/W ditabulasikan pada **Tabel 2**. Kemudian diringkas dan diplotkan ke dalam grafik nilai faktor keamanan versus kedalaman pondasi strauss pada masing – masing tipe dinding penahan tanah yang dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.

Gambar 6. Menunjukkan hasil nilai angka keamanan masing – masing tipe pondasi dengan variasi kedalaman pondasi strauss. Terlihat bahwa hasil dari nilai angka keamanan pada tipe gravitasi dan kantilever menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Misalkan pada kedalaman pondasi strauss 3.0 m, nilai angka keamnan tipe kantilever 2.678 sedangkan tipe gravitasi 2.683.

Tabel 2. Nilai Angka Keamanan dengan Variasi Kedalaman

Kedalaman (m)	Angka Keamanan	
	Kantilever	Gravitasi
2.5	2.454	2.475
3.0	2.678	2.683
3.5	2.838	2.853
4.0	2.977	2.981
4.5	3.107	3.12
5.0	3.242	3.245

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 6. Grafik Angka Keamanan vs Kedalaman (Tipe Gravitasi dan Tipe Kantilever)

Sumber: Hasil Analisis

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi dan kantilever pada Proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Stabilitas dinding penahan tanah gravitasi dan kantilever berdasarkan hasil analisis menggunakan program Geostudio SLOPE/W 2012 menghasilkan nilai faktor keamanan (FS) :
 - a. 2.475 dan 2.454 kedalaman pondasi strauss 2.5 m.
 - b. 2.683 dan 2.678 kedalaman pondasi strauss 3.0 m.
 - c. 2.853 dan 2.838 kedalaman pondasi strauss 3.5 m.
 - d. 2.981 dan 2.977 kedalaman pondasi strauss 4.0 m.
 - e. 3.120 dan 3.107 kedalaman pondasi strauss 4.5 m.
 - f. 3.245 dan 3.242 kedalaman pondasi strauss 5.0 m.
2. Nilai faktor keamanan (FS) akan semakin besar jika kedalaman pondasi strauss semakin panjang.
3. Perbandingan hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi dan kantilever menggunakan program Geostudio SLOPE/W 2012 menghasilkan nilai faktor keamanan (FS) yang tidak jauh berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. F. J. Purnomo, "Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Proyek Jalur Lintas Selatan Lot 7 Blitar," Laporan Akhir, Malang, Politeknik Negeri Malang
- [2] Agustian, I. (2018). Study Perbandingan Dinding Penahan Type Kantiliver Dengan Type Gravitasi Pada Perencanaan Penanganan Longsor Ruas Jalan Sanga-Sanga–Dondang Sta. 4+ 000 Kutai Kartanegara. *Kurva Mahasiswa*, 1(1), 608-616.
- [3] Ansyah, A. (2018). Study Perbandingan Perhitungan Dinding Penahan Tanah Kantilever (Cantilever Wall) Menggunakan Program Geo5 Dan Perhitungan Rankine Dan Coulomb. *Kurva Mahasiswa*, 1(1), 1435-1446.
- [4] Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis And Design International Edition*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.
- [5] Canonica, L. (2020). *Memahami Mekanika Tanah*. Bandung: Angkasa.
- [6] Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering Seventh Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- [7] Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering, SI. Seventh Edition*. Stamford: Cengage Learning.
- [8] Hardiyatmo, H. C. (2002). *Teknik Fondasi I Edisi ke 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [9] Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika Tanah II Edisi Ke 3*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [10] Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Fondasi II Edisi Ke 4*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [11] Hardiyatmo, H. C. (2018). *Mekanika Tanah II Edisi ke 6*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [12] Nggala, A. A. (2017). *Analisa Perbandingan Dinding Penahan Tanah Type Counterfort Dan Cantilever Jalan Simpang Tiga Tanjung Palas Sekatak Buji STA. 107+ STA. 172 Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara*. *Kurva Mahasiswa*, 1(1), 134-145.
- [13] Prasetyo, R. (2020). *Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Lereng Jalan Ponorogo-Trenggalek Stasiun 23+600 Menggunakan Program Plaxis. Tugas Akhir*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.