

**Studi Analisis Stabilitas Lereng Tanah Timbunan Menggunakan Metode
Fellenius dan Bishop Serta Penanggulangannya
(Studi Kasus : Perumahan Citraland Bandar Lampung)**

Badruzzaman Aji¹⁾

Iswan²⁾

Aminudin Syah³⁾

Ahmad Zakaria⁴⁾

Abstract

Citraland, which is located in a hilly area, has steep contours and different elevations. So the area has the potential for landslides. This study was to analyze the value of the slope safety factor and calculate the slope stability using a retaining wall with manual calculations. The method used is the Fellenius and Bishop method. From the analysis of manual calculations, the value of the existing slope safety factor using the Fellenius and Bishop methods was 0.7296 and 1.0637, respectively. After countermeasures using a retaining wall with dimensions of 2 meters high and 1.7 meters thick, the value of stability against shear is obtained, namely $SF = 2.3871 \geq 2$ (safe) under normal conditions. Stability against rolling under normal conditions is $SF = 2.2502 \geq 2$ (safe). Stability against shear in earthquake conditions is $SF = 2.1081 \geq 2$ (safe). Overturning stability in earthquake conditions is $SF = 2.054 \geq 2$ (safe). Countermeasures using retaining walls are quite effective in increasing the value of the safety factor, so countermeasures using retaining walls are quite stable if applied at the research site.

Keywords: Slope stability, Safety factor, Fellenius, Bishop, Retaining wall

Abstrak

Citraland yang terletak di wilayah perbukitan, memiliki kontur yang curam dan elevasi yang berbeda. Sehingga pada daerah tersebut berpotensi terhadap longsor. Penelitian ini adalah untuk menganalisis nilai faktor aman lereng dan menghitung stabilitas lereng menggunakan dinding penahan tanah dengan perhitungan manual. Metode yang digunakan adalah metode *Fellenius dan Bishop*. Dari hasil analisis perhitungan manual, didapatkan nilai faktor aman lereng eksisting dengan metode *Fellenius dan Bishop* masing-masing sebesar 0,7296 dan 1,0637. Setelah dilakukan penanggulangan menggunakan dinding penahan tanah dengan dimensi tinggi 2 meter dan tebal 1,7 meter didapatkan nilai stabilitas terhadap geser yaitu $SF = 2,3871 \geq 2$ (aman) pada kondisi normal. Stabilitas terhadap guling pada kondisi normal yaitu $SF = 2,2502 \geq 2$ (aman). Stabilitas terhadap geser pada kondisi gempa yaitu $SF = 2,1081 \geq 2$ (aman). Stabilitas guling pada kondisi gempa yaitu $SF = 2,054 \geq 2$ (aman).. Penanggulangan menggunakan dinding penahan tanah cukup efektif terhadap meningkatnya nilai faktor aman, sehingga penanggulangan menggunakan dinding penahan tanah cukup stabil jika diterapkan di lokasi penelitian.

Kata Kunci: Stabilitas lereng, Faktor aman, *Fellenius, Bishop*, Dinding penahan tanah

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: badruzzaji@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki sudut kemiringan tertentu dengan bidang datar (horizontal). Akan tetapi, ada hal yang harus diperhitungkan dalam bidang Geoteknik yaitu longsor. Pada pembangunan Perumahan CitraLand Bandar Lampung tepatnya di ruas jalan C. 10 merupakan lereng dan terletak di daerah rawan longsor. Pembangunan ruas jalan tersebut di atas suatu tanah timbunan yang sangat beresiko terjadi kelongsoran karena komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan massa tanah. Hal ini tentunya sangat membahayakan bangunan dan pengguna jalan di sekitar lereng sehingga diperlukan solusi yang bisa menjadi alternatif untuk menjadikan lereng tersebut aman dari bahaya longsor. Salah satunya adalah dengan membangun konstruksi perkuatan pada lereng tersebut. Perkuatan tanah pada lereng yang sering dipergunakan sebagai solusi untuk menghindari terjadinya longsor adalah dengan dibangunnya dinding penahan tanah. Analisa stabilitas lereng pada ruas ruas jalan C. 10 CitraLand Bandar Lampung ini dihitung dengan menggunakan dua metode yaitu, *fellinius* dan *bishop*. Perhitungan dengan menggunakan metode tersebut merupakan salah satu perhitungan analisa stabilitas lereng yang efektif dan sudah umum digunakan. Selain itu, perhitungan dengan menggunakan metode ini juga cukup sederhana, cepat, dan memberikan hasil yang cukup teliti.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai agregat butiran mineral dan partikel-partikel padat dengan cairan dan gas pada ruang-ruang kosong didalamnya. Tanah digunakan sebagai bahan konstruksi pada berbagai proyek teknik sipil serta sebagai pendukung fondasi structural. Mekanika tanah adalah cabang ilmu yang berurusan dengan studi tentang sifat-sifat fisik tanah dan perilaku tanah. Massa mengalami berbagai jenis kekuatan. Rekayasa tanah adalah penerapan prinsip-prinsip mekanika tanah dalam penyelesaian masalah praktis. Rekayasa geoteknik adalah subdisiplin teknik sipil yang melibatkan bahan alami yang ditemukan dekat dengan permukaan bumi. Ini termasuk penerapan prinsip-prinsip mekanika tanah dan mekanika batuan desain pondasi, struktur penahan, dan struktur bumi.

2.2 Klasifikasi Tanah

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan, yaitu Unified Soil Classification System dan AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Sistem-sistem ini menggunakan sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah dari System Unified pertama diusulkan oleh, kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (United State Bureau of Reclamation).

2.3 Stabilitas Lereng

Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horisontal dan tidak terlindungi (Das, 1985). Secara umum, lereng terbagi menjadi 2 kategori, yaitu lereng alami dan lereng buatan. Pada beberapa kasus ditemukan kondisi tanah dasar yang tidak ideal dan memerlukan beberapa penanganan, salah satunya adalah dengan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah/lereng adalah suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung suatu lapisan tanah dengan cara memberikan perlakuan khusus terhadap lapisan tanah tersebut.

2.4 Metode yang digunakan

Pada penelitian kali ini, metode analisis manual yang secara spesifik digunakan adalah metode Fellenius. Menurut (Hardiyatmo, 2003) analisis stabilitas lereng cara Fellenius menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori dapat dilihat pada Persamaan berikut ini:

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \quad (1)$$

2.5 Konsep Angka Keamanan Lereng

Menurut (Duncan, 2014 dalam Pratama, 2021) terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng yaitu grafik, persamaan sederhana, program excel dan aplikasi permodelan komputer stabilitas lereng. Pada beberapa kasus dapat digunakan beberapa metode untuk mengevaluasi stabilitas lereng. Metode perhitungan tersebut digunakan untuk menghitung faktor keamanan sebagai indikator stabilitas lereng.

2.6 Perkuatan Tanah

Timbunan yang dibangun diatas tanah lunak sangat berpotensi untuk menyebar secara lateral akibat tekanan tanah horizontal yang bekerja pada timbunan. Tekanan tanah ini menyebabkan tegangan geser horizontal pada dasar timbunan yang harus ditahan oleh tanah pondasi. Tanah pondasi yang tidak memiliki tahanan geser yang cukup, maka akan terjadi keruntuhan tanah.

1. meningkatkan faktor keamanan rencana,
2. menambah tinggi timbunan,
3. mencegah pergeseran timbunan selama pelaksanaan, dan
4. memperbaiki kinerja timbunan karena penurunan pasca konstruksi yang seragam.

2.7 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah sebuah bangunan sebagai salah satu bentuk perkuatan tanah yang berfungsi untuk mencegah terjadinya keruntuhan pada tanah yang memiliki kemiringan yang curam ataupun lereng yang tidak stabil. Secara umum, dinding penahan tanah terbagi menjadi 2 kategori umum yaitu dinding penahan tanah konvensional dan dinding *Mechanically Stabilized Earth* (MSE).

2.8 Dinding Penahan Tanah Kantilever

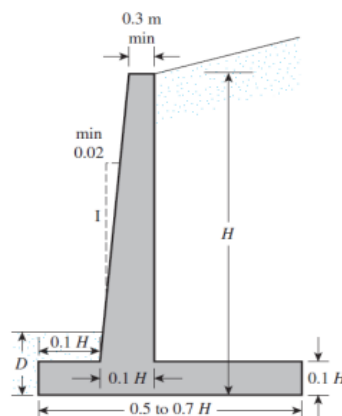
Dinding penahan tanah kantilever secara umum terbuat dari beton yang diperkuat dengan menggunakan tulangan dan tersusun oleh dinding vertikal (stem) dan tapak lantai (base slab). Tulangan disematkan pada struktur dinding penahan tanah kantilever berfungsi untuk menahan gaya horizontal dan momen yang bekerja pada dinding struktur.

Penulangan lentur pada dinding penahan tanah kantilever dapat direncanakan apabila telah ditetapkan tebal pelat (h), mutu beton (f'_c), mutu baja (f_y) dan momen rencana (M_R).

2.9 Modulus Elastisitas Tanah

Pada tahap perencanaan struktur dinding penahan tanah kantilever diperlukan dimensi pendahuluan sebagai asumsi awal dari bagian-bagian dinding penahanan tanah yang disebut juga sebagai proportioning. Dimensi pendahuluan ini digunakan sebagai arahan pada awal mula perhitungan, macam-macam variasi ukuran dapat dipergunakan selama memenuhi persyaratan stabilitas, kelayakan dan kekuatan menurut syarat-syarat ketentuan yang telah ditetapkan.

Perlu diketahui bahwa dimensi untuk bagian atas dinding vertikal tidak dapat kurang dari 0,3 meter dan ketebalan telapak minimal 0,6 meter (Braja, 2011 dalam Pratama, 2021).



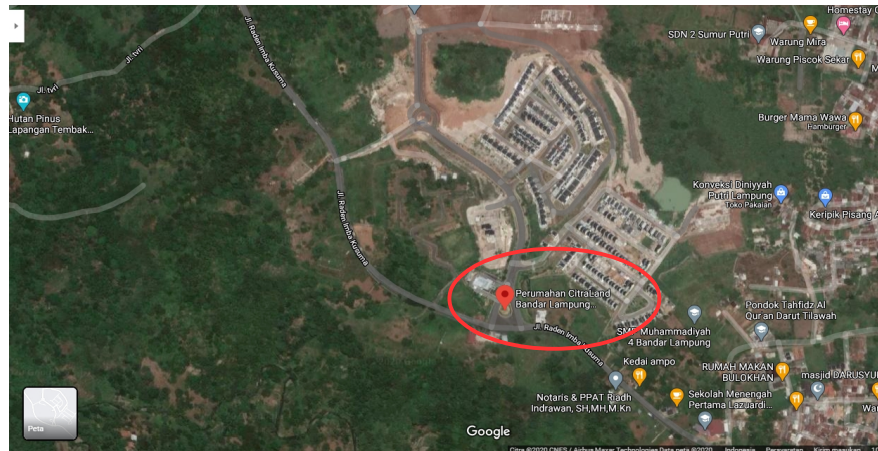
Gambar 1. Dimensi Pendahuluan Dinding Penahan Tanah Kantilever

2.10 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Dalam merencanakan dinding penahan tanah salah satu faktor utama yang harus diperhitungkan adalah tekanan tanah lateral maka dibutuhkan pengetahuan mengenai tekanan tanah lateral. Tekanan tanah lateral adalah gaya yang diakibatkan oleh dorongan tanah di belakang struktur dinding penahan tanah. Hal ini mempengaruhi stabilitas internal dinding penahan tanah, maka beberapa hal yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan dinding penahan tanah antara lain stabilitas terhadap guling, stabilitas terhadap geser serta kapasitas daya dukung tanah. Ketiga variabel tersebut harus memenuhi syarat aman dari masing-masing variabel sehingga konstruksi dinding penahan tanah menjadi aman dan tidak terjadi keruntuhan.

Stabilitas dinding penahan tanah juga dipengaruhi oleh konsolidasi tanah yang terjadi. Konsolidasi adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Dengan kata lain, akibat konsolidasi yang terjadi maka tanah mengalami penurunan oleh beban yang diterima. Umumnya, pada analisis konsolidasi dengan menggunakan program, konsolidasi ditinjau dalam kurun waktu 1 tahun atau 365 hari. Besarnya penurunan yang terjadi dapat diketahui melalui analisis dengan menggunakan beberapa program analisis geoteknik yang salah satunya adalah Metode elemen hingga.

3. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Lokasi penelitian.

Lokasi penelitian ini berada di Jl. Raden Imba Kusuma No. 789, Sumur Putri, Kec. Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung dengan lintang $5^{\circ}43'01.58''\text{S}$ dan bujur $105^{\circ}23'76''\text{E}$.

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dengan mengajukan data kepada pemangku kepentingan pada proyek yang dilakukan penelitian. Data yang sekunder berupa data parameter tanah baik data uji lapangan maupun uji laboratorium, beban dan data gambar desain dari proyek tersebut. Data-data yang telah dikumpulkan tersebut selanjutnya dilakukan analisis pada penelitian tugas akhir. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari PT. Ciputra Development yang berupa data parameter tanah yang telah dirangkum sesuai dengan kebutuhan penelitian dan data potongan melintang. Pada data parameter tanah, berbagai jenis tanah pada setiap lapisan dapat diketahui dengan melakukan uji lab yang mengacu kepada sistem klasifikasi tanah Unified.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Hasil uji laboratorium tanah yang didapatkan dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

Tabel 1. Data *Test Result* perkuatan lereng C.10 Citra Land

No.	Deskripsi	Data Uji	
		BOREHOLE 1	BOREHOLE 2
1	Kadar Air (%)	25,55	21,35
2	Massa Jenis (gr/cm ³)	1,568	1,654
3	Specific Gravity (GS)	2,626	2,662
4	Lolos Saringan No. 200 (%)	73,56	79,36
Batas Atterberg			
5	LL (%)	52,47	37,70
	PL (%)	35,41	21,25
	PI (%)	17,06	16,45
Uji Kuat Geser			
6	Kohesi (c) (kg/cm ²)	0,080	0,117
	Sudut Geser (°)	22,0	25,8

4.2 Perhitungan Lereng Metode *Fellenius*

Dari data hasil uji laboratorium bore hole 2 didapatkan uji kuat geser dengan nilai Kohesi (c) 0,117 kg/cm², Sudut Geser Internal 25,8°. Kemudian setelah lereng di slice menggunakan metode *Fellenius* didapatkan nilai $\beta = 54^\circ$.

$$FK = \frac{c.l + \tan \theta (w \cos \alpha)}{w \sin \alpha}$$

$$FK = \frac{0,117 \cdot 67,57 + \tan 25,8 (766,355)}{827,518} \quad (2)$$

$$FK = 0,7296$$

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *Fellenius* didapatkan hasil faktor keamanan senilai 0,7296. Menurut (Bowles, 1998 dalam Bria and Isjudarto, 2017) apabila faktor keamanan berada dibawah 1,07 kelongsoran pada lereng biasa terjadi atau sering disebut lereng labil. Pada perhitungan longsoran sebaiknya dilakukan dengan dua metode, agar dapat dilakukan perbandingan perhitungan antara metode satu dengan metode lainnya. Oleh karena itu berikut akan dilakukan perhitungan menggunakan metode *bishop* agar dapat dibandingkan dengan metode *fellenius*.

4.3 Perhitungan Lereng Metode Bishop

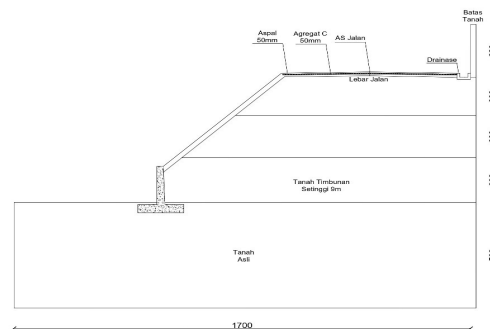
Berdasarkan hasil uji laboratorium didapat nilai pada tiap lapisan tanah. Namun pada kondisi tanah yang akan dianalisis memiliki satu jenis tanah yang sama, sehingga nilai γ , ϕ , dan c adalah sama.

$$FK = \frac{\sum RM}{\sum DM} = \frac{\sum \text{Gaya Penahan} \times \text{Panjang Busur}}{\sum \text{Gaya Dorong} \times \text{Panjang Busur}} \quad (3)$$

$$\frac{200.3630}{188.3554} \times \frac{10,27}{10,27} = 1,0637$$

Angka faktor keamanan dari hasil perhitungan untuk metode Bishop yaitu 1,0637. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *Bishop* didapatkan hasil faktor keamanan senilai 1,0637. Menurut (Bowles, 1998 dalam Bria and Isjudarto, 2017), apabila faktor keamanan berada dibawah 1,07 kelongsoran pada lereng biasa terjadi atau sering disebut lereng labil. Pada kondisi lereng labil kelongsoran yang terjadi dapat membahayakan pengguna jalan yang akan melewati jalan disekitar perumahan citraland.4.4 Beban Kendaraan

4.4 Perhitungan Analisis Dinding Penahan Tanah



Gambar 3. Dinding Penahan Tanah

A. Perhitungan stabilitas terhadap geser (kondisi normal)

$$SF = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 2$$

$$SF = \frac{c.B + \sum w \cdot \tan \phi}{\sum Pa + \sum Pp + \sum Pair} \geq 2 \quad (4)$$

$$SF = \frac{0,117 \cdot 1,7 + 3,1056 \cdot \tan 25,8}{4,2353 + 4,1982 + 0,08} \geq 2$$

$$SF = 3,5193 \geq 2$$

B. Perhitungan stabilitas terhadap guling (kondisi normal)

$$\begin{aligned}SF &= \frac{\sum M_t}{\sum M_g} \geq 2 \\SF &= \frac{\sum M_v + \sum M_p + \sum M_w}{\sum M_u + \sum M_a} \geq 2 \\SF &= \frac{1,1387 + 3,3723 + 0,0107}{0,54 + 0,5597} \geq 2 \\SF &= 4,118 \geq 2\end{aligned}\tag{5}$$

C. Perhitungan stabilitas terhadap geser (kondisi gempa)

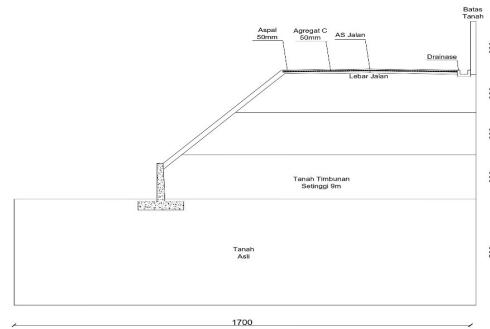
$$\begin{aligned}SF &= \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 2 \\SF &= \frac{c.B + \sum w \cdot \tan \phi}{\sum P_a + \sum P_p + \sum P_{air} + \sum G} \geq 2 \\SF &= \frac{0,117 \cdot 1,7 + 3,1056 \cdot \tan 25,8}{4,2353 + 4,1982 + 0,08 + 0,0149} \geq 2 \\SF &= 3,1421 \geq 2\end{aligned}\tag{6}$$

D. Perhitungan stabilitas terhadap guling (kondisi gempa)

$$\begin{aligned}SF &= \frac{\sum M_t}{\sum M_g} \geq 2 \\SF &= \frac{\sum M_v + \sum M_p + \sum M_w}{\sum M_u + \sum M_a + \sum G} \geq 2 \\SF &= \frac{1,1387 + 3,3723 + 0,0107}{0,54 + 0,5597 + 0,0182} \geq 2 \\SF &= 4,0448 \geq 2\end{aligned}\tag{7}$$

Dari hasil perhitungan didapat stabilitas terhadap geser $SF = 3,5193$ (aman) pada kondisi normal, stabilitas terhadap guling $SF = 4,118$ (aman), stabilitas geser pada kondisi gempa $SF = 3,1421$ (aman), stabilitas guling pada kondisi gempa $SF = 4,0448$ (aman). Setelah dianalisis berdasarkan metode teoritis, dapat disimpulkan bahwa dinding penahan tanah dengan dimensi 3m dan lebar 1,7m mampu menahan kelongsoran yang terjadi.

4.5 Perhitungan Analisis Dinding Penahan Tanah (desain dimensi kedua)



Gambar 4. Dinding penahan tanah (dimensi kedua)

A. Perhitungan stabilitas terhadap geser (kondisi normal)

$$SF = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 2$$
$$SF = \frac{c.B + \sum w \cdot \tan \theta}{\sum Pa + \sum Pp + \sum Pair} \geq 2 \quad (8)$$
$$SF = \frac{0,117 \cdot 1,7 + 1,3632 \cdot \tan 25,8}{1,7896 + 0,1982 + 0,0107} \geq 2$$
$$SF = 2,3871 \geq 2$$

B. Perhitungan stabilitas terhadap guling (kondisi normal)

$$SF = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 2$$
$$SF = \frac{\sum Mv + \sum Mp + \sum Mw}{\sum Mu + \sum Ma} \geq 2 \quad (9)$$
$$SF = \frac{1,1387 + 0,5597 + 0,0107}{0,54 + 1,0874} \geq 2$$
$$SF = 2,2502 \geq 2$$

C. Perhitungan stabilitas terhadap geser (kondisi gempa)

$$SF = \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 2$$
$$SF = \frac{c.B + \sum w \cdot \tan \emptyset}{\sum Pa + \sum Pp + \sum Pair + \sum G} \geq 2 \quad (10)$$
$$SF = \frac{0,117 \cdot 1,7 + 3,1056 \cdot \tan 25,8}{41,2353 + 4,1982 + 0,0107 + 0,0149} \geq 2$$
$$SF = 2,1081 \geq 2$$

D. Perhitungan stabilitas terhadap guling (kondisi gempa)

$$SF = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 2$$
$$SF = \frac{\sum Mv + \sum Mp + \sum Mw}{\sum Mu + \sum Ma + \sum G} \geq 2 \quad (11)$$
$$SF = \frac{1,1387 + 3,3723 + 0,0107}{0,54 + 1,0874 + 0,0049} \geq 2$$
$$SF = 2,054 \geq 2$$

Dari hasil perhitungan desain kedua yaitu tinggi dinding penahan tanah 2m lebar 1,7m didapatkan nilai stabilitas terhadap geser yaitu $SF = 2,3871$ (aman) pada kondisi normal. Stabilitas terhadap guling pada kondisi normal yaitu $SF = 2,2502$ (aman). Stabilitas terhadap geser pada kondisi gempa yaitu $SF = 2,1081$ (aman). Stabilitas guling pada kondisi gempa yaitu $SF = 2,054$ (aman). Dapat disimpulkan bahwa dari dua analisis perhitungan dimensi dinding penahan tanah desain pertama yaitu 3m dan lebar 1,7m dengan 2m dan lebar 1,7m mampu menahan kelongsoran yang terjadi dan mampu menahan gaya gempa yang bekerja pada tanah. Jika dilihat dari nilai faktor keamanan dapat disimpulkan lereng berada pada kondisi stabil yang berarti aman serta berada pada kondisi yang ekonomis. Hal ini dilihat dari seberapa besar nilai angka kermanan yang memiliki selisih yang kecil dengan syarat batas geser dan guling dinding penahan tanah.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis adalah sebagai berikut :

- Analisis menggunakan metode *Fellenius* didapatkan hasil faktor keamanan senilai 0,7296. Sedangkan, analisis menggunakan metode *Bishop* didapatkan hasil faktor keamanan senilai 1,0637. Menurut (Bowles, 1998 dalam Bria and Isjudarto, 2017), apabila faktor keamanan

berada dibawah 1,07 kelongsoran pada lereng biasa terjadi atau sering disebut lereng labil.

- b. Penanggulangan untuk perbaikan tanah pada lereng yang ditinjau menggunakan dinding penahan tanah tipe kantiliver dengan dimensi tinggi 2m dan lebar 1,7m.
- c. Stabilitas terhadap guling pada kondisi normal yaitu $SF = 2,2502$ (aman). Stabilitas terhadap geser pada kondisi gempa yaitu $SF = 2,1081$ (aman). Stabilitas guling pada kondisi gempa yaitu $SF = 2,054$ (aman). Hasil analisis dinding penahan tanah kondisi gempa memenuhi persyaratan kestabilan tanah yaitu faktor keamanan >2 .

DAFTAR PUSTAKA

- Bria, K. and Isjudarto, A., 2017. Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan Pt . Artha Niaga Cakrabuana Job Site Cv . Prima Mandiri Desa Provinsi Kalimantan Timur. *Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan Pt. Artha Niaga Cakrabuana Job Site Cv. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*.
- Das, B.M., 1985. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis).
- Hardiyatmo, 2003. Pengaruh Variasi Kepadatan Pada Permodelan Fisik Menggunakan Tanah Pasir Berlempung Terhadap Stabilitas Lereng. *Jurusan Teknik Sipil*, 3 (3), 192–208.
- Pratama, R.R., 2021. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Berjenjang Tipe Concrete Cantilever Menggunakan Program Plaxis 8.6.