



ANALISIS FAKTOR KEAMANAN LERENG TERHADAP LONGSORAN JALAN TRIKORA DENGAN PENANGANAN DINDING PENAHAN TANAH

Anakta Hartanta Sebayang¹, Revia Oktaviani², Agus Winarno³, Tommy Trides⁴,
Albertus Juvensius Pontus⁵, Masayu Widiastuti⁶

^{1,2,3,4,5,6} Universitas Mulawarman

Surrel : anakta78@gmail.com¹, revia.oktaviani@gmail.com²

Diterima : 16 November 2022; Disetujui : 20 Desember 2022

ABSTRAK

Wilayah Kalimantan Timur yang memiliki iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi ditiap akhir tahun menyebabkan kemungkinan longsor terjadi begitu besar. Berdasarkan dari data longsor dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) tahun 2020 Hingga tahun 2022 Tercatat \pm 3000 bencana longsor yang terjadi di Indonesia Kejadian ini menyebabkan banyak tempat tinggal dan fasilitas umum yang rusak dan memakan korban jiwa yang cukup banyak. Pada kasus longsor di ruas jalan trikora, Kecamatan Samarinda Seberang, Kalimantan Timur terjadi Sebanyak \pm 3 kali. Longsor ini terjadi karena dipengaruhi oleh curah hujan \pm 200 mm dan termasuk curah hujan sedang. Longsor menyebabkan seluruh jalan terputus. Dengan cara ini, pemerintah akan melakukan tindakan korektif, salah satunya adalah pembangunan dinding penahan tanah/pipa dengan tujuan untuk mencegah terjadinya longsor susulan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan lereng, dan untuk menguji kekuatan tanah itu sendiri dan dinding penahan tanah. Metode yang digunakan dalam menentukan keamanan lereng itu sendiri menggunakan metode Mohr-Coloumb dengan bantuan software Plaxis atau Slide. Pengujian kali ini dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan alat Direct Shear Test. Hasil analisis yang didapatkan nilai faktor keamanan lereng yaitu 1.393 dan jika diberi beban 100 Kpa nilai faktor keamanan lereng yaitu 0.819. Untuk kestabilan dinding penahan tanah didapatkan yaitu stabilitas terhadap guling 1.79, stabilitas terhadap geser 0.91, dan stabilitas terhadap daya dukung tanah yaitu 3.44. Faktor Keamanan lereng dengan pile bor 3 meter yaitu 2.459 dan faktor keamanan lereng dengan pile bor 6 meter yaitu 2.630. Hasil perhitungan yang didapatkan nilai faktor keamanan dinding aman terhadap lereng.

Kata Kunci: Dinding Penahan Tanah, Faktor Keamanan, Tanah Longsor

ABSTRACT

The area of East Kalimantan which has a tropical climate with high rainfall at the end of each year causes the possibility of landslides to occur so large. Based on landslide data from the National Disaster Management Agency (BNPB) in 2020 Until 2022, \pm 3000 landslides have been recorded in Indonesia. In the case of landslides on the Trikora road, Samarinda Seberang District, East Kalimantan, it occurred \pm 3 times. This landslide occurred because it was influenced by \pm 200 mm rainfall and included moderate rainfall. The landslide caused all roads to be cut off. In this way, the government will take corrective actions, one of which is the construction of retaining walls/pipes with the aim of preventing further landslides. This study aims to determine the safety factor of the slope, and to test the strength of the soil itself and the retaining wall. The method used in determining the safety of the slope itself uses the Mohr-Coloumb method with the help of Plaxis or Slide software. The test this time was carried out on a laboratory scale using the Direct Shear Test tool. The results of the analysis that the slope safety factor value is 1.393 and if given a load of 100 KPa the slope safety factor value is 0.819. For the stability of the retaining wall, it is obtained that the stability against overturning is 1.79, the stability to shear is 0.91, and the stability to the bearing capacity of the soil is 3.44. The safety factor of the slope with a 3 meter pile drill is 2.459 and the safety factor of the slope with a 6 meter pile drill is 2.630. The calculation results obtained the value of the safety factor of the wall is safe against the slope.

Keywords: Safety Factor, RetainingWall, Landslide

1. Pendahuluan

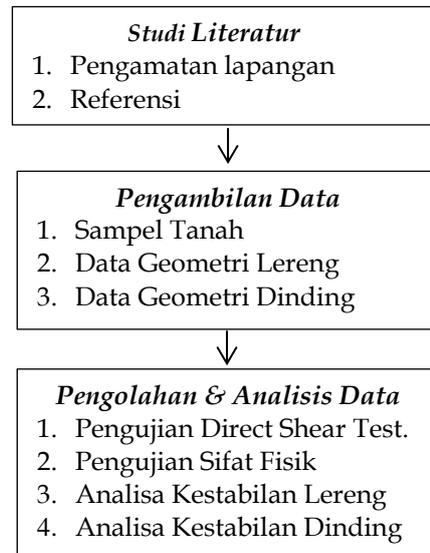
Gerakan massa tanah atau biasa yang disebut dengan longsor merupakan gerakan tanah atau massa batuan yang menuruni atau menjauhi bidang aslinya. Longsor sendiri dipengaruhi oleh beberapa elemen pembentuk muka bumi yaitu adanya dorongan air, angin, dan dibantu dengan gaya gravitasi bumi. Tanah longsor merupakan salah satu produk dari adanya gangguan ketidakseimbangan lereng, dimana lereng tersebut memiliki hambatan geser tanah atau batuan lebih kecil dari berat massa tanah atau batuan itu sendiri.

Menurut Terzaghi (1950) terdapat beberapa faktor pengaruh terhadap kestabilan lereng atas dua kelompok utama, yaitu faktor luar karena adanya tegangan geser yang tinggi akibat adanya pergerakan tektonik, gempa bumi, dan untuk pengaruh dalam meliputi pelapukan, perubahan berat volume, reaksi physicochemical lainnya.

Kasus longsor yang terjadi di jalan Teluk Bajau kecamatan samarinda seberang, provinsi kalimantan timur sendiri telah terjadi sebanyak ± 3 kali longsor. Lokasi tersebut banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama dalam debit air yang keluar dari permukaan tanah yang cukup tinggi sehingga mengakibatkan longsor terjadi kapan saja. Penelitian tentang pengaruh Indeks plastisitas dan kohesi terhadap lereng longsor sendiri masih sangat kurang. Khususnya daerah sekitar longsor tersebut. Berdasarkan pengamatan berikut, maka penulis diharapkan dapat memahami dan menganalisis hubungan dari Indeks plastisitas dan kohesi dalam peningkatan keamanan lereng dan mengetahui faktor keamanan dinding penahan tanah tersebut

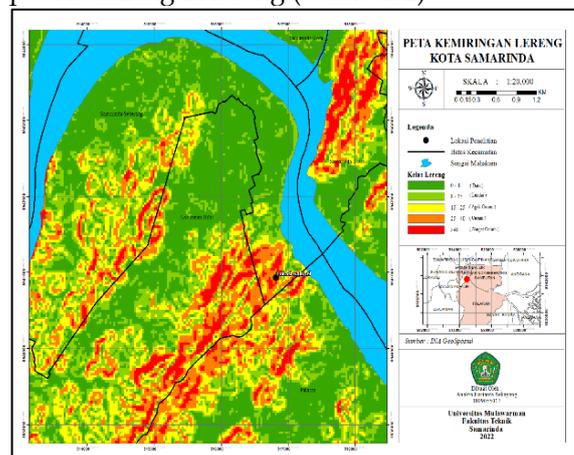
2. Metodologi

Metode Penelitian kali ini dilakukan mulai dari pengamatan lokasi, pengambilan sampel pada tiga titik yang berbeda dan dilakukan pengujian di Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara, Universitas Mulawarman, serta analisis data dengan menggunakan Software Plaxis/Slide, setelah itu ditarik kesimpulan dan saran/rekomendasi hasil penelitian. Tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini (Gambar 1) :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dalam pengujian yang dilakukan di laboratorium diperoleh menggunakan alat uji Direct Shear Test nilai kohesi dan sudut geser dalam dari tanah yang berada dilokasi. Berdasarkan pengamatan lapangan yang dilakukan daerah teluk bajau terdapat beberapa lereng yang terjal dan dapat digambarkan pada peta kemiringan lereng (Gambar 2)



Gambar 2. Peta Kemiringan Lereng Penelitian

Kemiringan lereng diukur berdasarkan beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak mendatarnya. Besarnya kemiringan lereng dapat dinyatakan dalam persen (%) dan/atau derajat($^{\circ}$). Berikut tabel berupa kelas kemiringan lereng berdasarkan (Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitas Lahan dan Konservasi Tanah, 1968) berikut ini (Tabel 1)

Tabel 1. Kelas Klasifikasi Lereng

Kelas	Kemiringan Lereng (%)
Datar	0-8
Landai	8 - 15
Agak Curam	15 - 25
Curam	25 -40
Sangat Curam	> 40

Analisis data sendiri mulai dari pengujian kadar air dengan tujuan mengetahui kondisi jumlah air yang dikatakan cukup deras. Kemudian terdapat pengujian batas konsistensi tanah dengan tujuan untuk mengetahui tingkat elastisitas tanah terhadap gaya yang diberikan, hingga analisis dengan memberikan beban terhadap tanah dengan pengujian kuat geser langsung tanah.

Sifat fisik Tanah

Kadar air adalah jumlah air yang ditahan per satuan volume. Keberadaan air dalam tanah biasanya menjadi permasalahan bagi stabilitas lereng, ini dikarenakan faktor luar yang dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi yang dapat meningkatkan kadar air tanah, dan muka air tanah yang cukup tinggi. Berat Jenis (BJ) tanah adalah berat massa tanah per satuan volume partikel tanah (tanpa pori) Kering oven. BJ tanah mineral umumnya antara 2.60-2.70 g/cm³ dengan rata-rata 2.65 g/cm³ tanpa banyak bervariasi.

Pengujian batas Konsistensi Tanah

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. penelitian kali ini peneliti ingin mengetahui nilai dari indeks plastisitas tanah saja. Batas cair adalah kadar air pada saat keadaan cair dan plastis. Pada hasil batas cair ini didapatkan grafik untuk pukulan 25 pada ordinat. Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara plastis dan semi padat, yaitu presentasi kadar air dimana tanah dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. Indeks plastisitas merupakan selisih dari batas cair dan batas plastis yang dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis (*Plasticity Index*).

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan

PI = Indeks Plastisitas

LL = Batas Cair
PL = Batas Plastis

Pengujian Kuat Geser Langsung

Pada Pengujian kali ini kondisi tanah yaitu undrained unconsolidated dengan tujuan mensimulasikan kondisi di lapangan apabila ada penambahan /pemberaian beban relatif cepat sehingga lapisan tanah tidak sempat terkonsolidasi. Kondisi ini cocok untuk mengerahui properti mekanik tanah pada kondisi short term. Kekuatan geser tanah (τ) disuatu titik pada suatu bidang tertentu dikemukakan oleh coloumb sebagai suatu fungsi linear terhadap tegangan normal (σ_f) pada bidang tersebut.

$$\tau = c + \sigma_f \tan\phi \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

τ = Kekuatan Geser
C = Kohesi
 σ_f = Tegangan Normal
 ϕ = Sudut Geser Dalam

Kestabilan Lereng

Analisa 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*). Umumnya faktor keamanan stabilitas lereng terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1.2-1.5 Menurut Bowles (1989) nilai faktor keamanan berdasarkan kelongsorannya seperti Tabel 2. dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Faktor Kamanan Lereng

Nilai Faktor Kemanan	Kejadian
FK <- 1.07	Kelongsoran Biasa Terjadi
1.07 < FK <1.25	Kelongsoran Pernah Terjadi
FK >1.25	Kelongsoran Jarang Terjadi

Faktor Keamanan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya yang menahan dengan gaya yang menggerakkan, atau :

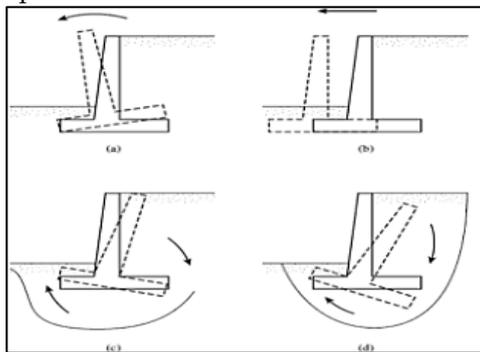
$$FK = \frac{\tau}{\tau_d} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- FK = Faktor Kemanan
- τ = Gaya yang Menahan (kN/m²)
- τ_d =Gaya yang Menggerakkan (kN/m²)

Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Dinding Penahan Tanah adalah struktur yang dibangun dengan tujuan menahan atau memberikan kekangan lateral satu sisi atau material bututir lainnya. Dibangunnya dinding penahan sendiri bukan tidak mungkin longsoran tidak terjadi lagi. Dibutuhkan perhitungan yang matang agar dinding tidak mengalami kegagalan stabilitasnya. Dinding dapat bergerak menjauhi atau mendekati tanah atau bahkan dinding penahan tanah dapat terguling apabila mengalami tekanan yang cukup besar



Gambar 3. Kegagalan Dinding Pengaruh Gaya Luar

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan kestabilan lereng dan kestabilan dinding dibutuhkan daat-data baik data tanah dan data beton. Adapun hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium Rekayasa Sipil dan Teknologi Mineral dan Batubara, Universitas Mulawarman, sebagai berikut:

Tabel 3. Data Parameter Tanah

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Material Type Undrained			
Kadar Air	W	22.83	gr
Berat Jenis Tanah	γ	2.60	
Berat Jenuh	γ_{sat}	28.11	Kn/m ³
Berat Tidak Jenuh	γ_{unsat}	27.47	Kn/m ³
Permeabilitas	K	1x10 ⁻⁶	m/day
Kohesi	c	0.22	Kn/m ²
Sudut Geser Dalam	ϕ	24	°
Modulus Elastistisitas	E	1035.58	Kn/m ²
Nisbah Poisson	v	0.2	

Tabel 4. Data Parameter Beton

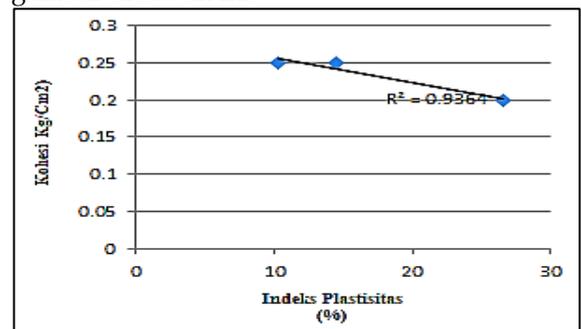
Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus Elastis Beton	E	21019.03	Kn/m ²
Nisbah Poisson	v	0.3	
Bobot Isi	γ	23.83	Kn/m ³

Tabel 5. Nilai Batas Konsistensi Tanah

	Lokasi Penelitian		
	Titik 1 (%)	Titik 2 (%)	Titik 3 (%)
Batas Cair	47.5	46.85	44
Batas Plastis	20.94	32.322	33.74
Indeks Plastisitas	26.56	14.53	10.26

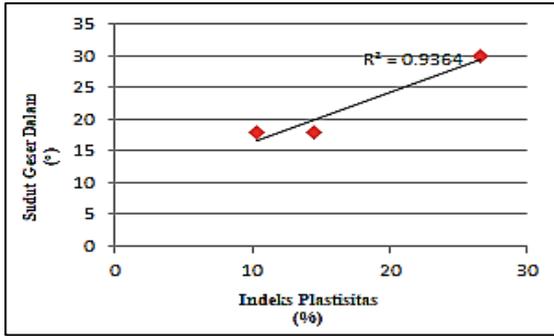
Hubungan Antara Indeks Plastisitas dan Parameter Kuat Geser Langsung

Adapun Hubungan dari nilai kohesi dan sudut geser dalam dengan hubungan terhadap indeks plastisitas dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



(a). Indeks Plastisitas dan Kohesi

**Analisis Faktor Keamanan Lereng Terhadap Longsoran Jalan Trikora
Dengan Penanganan Dinding Penahan Tanah**



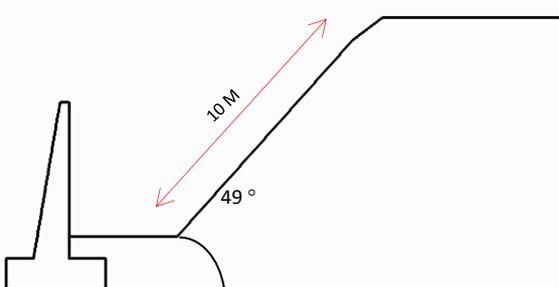
(b) Indeks Plastisitas dan Sudut Geser Dalam

Gambar 4. Grafik Hubungan IP Kuat geser Langsung

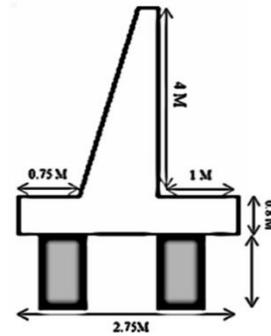
Pada pengolahan data, hasil dari hubungan indeks plastisitas dengan Kohesi dan Sudut geser geser dalam. Untuk hubungan indeks plastisitas dengan kohesi yaitu jika semakin besar indeks plastisitas maka semakin kecil pula kohesinya, sedangkan hubungan sudut geser dalam dengan indeks plastisitas sebaliknya, jika indeks plastisitas makin besar makin besar pula sudut geser dalamnya

Analisis Data Lereng dan Dinding Penahan Tanah

Adapun data geometri lereng dan data geometri dinding yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, dan Perumahan Rakyat Provinsi Kalimantan Timur yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 dibawah ini.



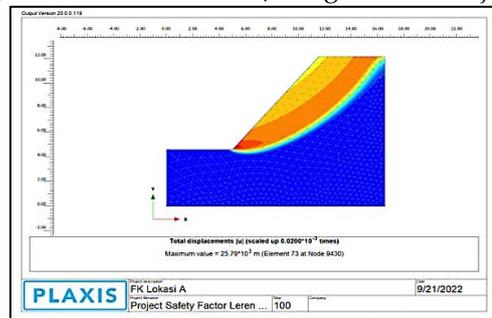
Gambar 5. Desain Geometri Lereng dengan Dinding Dinding



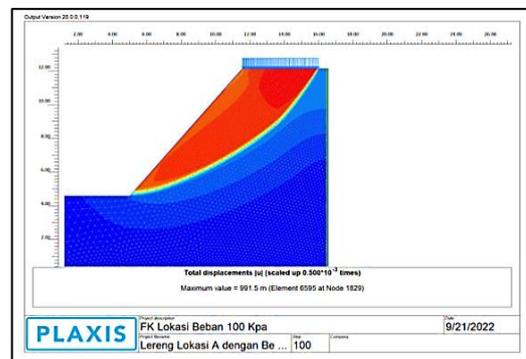
Gambar 6. Data Geometri Dinding Tipe Kantiliver

Hasil perhitungan dengan Menggunakan Program Plaxis

Berdasarkan hasil pengolahan dan perhitungan data yang dilakukan dengan menggunakan software plaxis dan microsoft excel didapatkan nilai FK lereng yang didapatkan jika diberi beban dan tidak diberi beban. Nilai Fk lereng asli/tanpa diberi beban diatasnya yaitu 1,393 dalam nilai ini lereng dikategorikan kedalam keadaan aman. Jika diberi beban sebesar 100 Kpa nilai Fk lereng yaitu 0.819 tidak aman/ longsor biasa terjadi.



Gambar 7. Kondisi Lereng Tanpa Diberi Beban



Gambar 8. Kondisi Lereng dengan Beban 100 Kpa

**Analisis Faktor Keamanan Lereng Terhadap Longsoran Jalan Trikora
Dengan Penanganan Dinding Penahan Tanah**

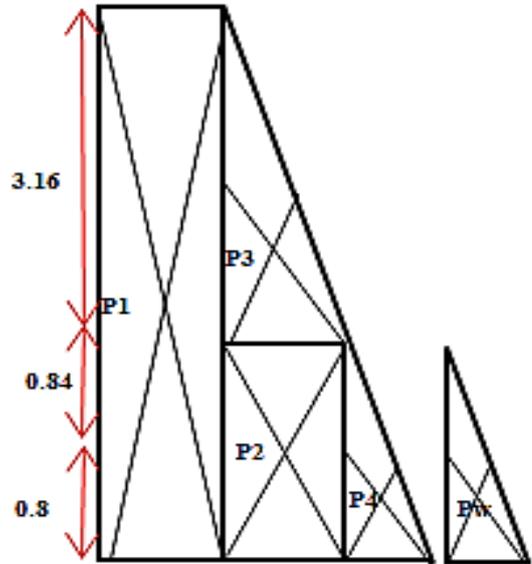
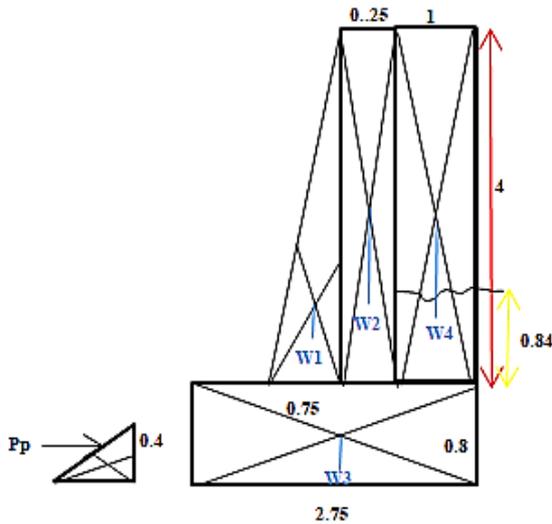
Dinding penahan tanah yang telah dibuat oleh Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, dan Perumahan rakyat Provinsi Kalimantan Timur. Dilakukan pengujian dinding penahan tanah dengan metode Rankine untuk mengetahui faktor kestabilan terhadap geser, guling, dan terhadap kapasitas daya dukung tanah.

Tabel 6. Perhitungan Gaya dan Momen

	Gaya (Kn)		Jarak (m)		Momen Terhadap A	
	V	H	X	Y	MV = V x X	MH = H x Y
w1	35.745		1.25		44.68	
w2	23.83		1.625		38.72	
w3	52.426		1.375		72.09	
w4	109.84		2.25		247.14	
pa1		0		2.4		0.00
pa2		64.04		0.82		52.51
pa3		61.70		2.69		166.17
pa4		10.57		0.55		5.78
pp		4.81		0.13		0.64
pw		13.45		0.55		7.35
Σ	221.841	154.57			402.63	225.10

Keterangan :

- W = Luas x batu
- H = Gaya Horizontal
- Lengan = Jarak Terhadap Titik A
- MV = Momen Vertikal
- MH = Momen Horizontal



Kestabilan Terhadap Guling

$$\begin{aligned} \text{Faktor Keamanan Guling} &= \frac{\sum MV}{\sum MH} \\ &= \frac{402.63}{225.10} \\ &= 1.79 \text{ (Aman)} \end{aligned}$$

Kestabilan Terhadap Geser

$$\begin{aligned} \delta b &= \frac{1}{2} - \frac{2}{3} \times \varphi \\ &= \frac{2}{3} \times 22 \\ &= 14.67^\circ \\ \sum Rh &= c \times B + W \tan \varphi_b \\ &= 22.55 \times 2.75 + 221.841 \tan(14.67) \\ &= 120.09 \\ \sum Pa &= Pa1 + Pa2 + Pa3 + pa4 \\ &= 0 + 64.04 + 61.70 + 20.57 \\ &= 136.31 \\ \sum Pp &= Pp \\ &= 4.81 \\ \sum Ph &= Pa - Pp \\ &= 136.31 - 4.81 \\ &= 131.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Keamanan Terhadap Geser} &= \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \\ &= \frac{120.09}{131.49} \end{aligned}$$

= 0.91 (Tidak Aman)

Kestabilan Terhadap Kapasitas Dukung Tanah

$$e = \left(\frac{B}{2}\right) - \left(\frac{\sum MV - \sum MH}{\sum V}\right)$$

$$= \left(\frac{2.75}{2}\right) - \left(\frac{402.63 - 225.10}{221.841}\right)$$

$$= 0.6 > 0.46$$

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

$$= \left(\frac{221.841}{2.75}\right) \times \left(1 + \left(\frac{6 \times 0.6}{2.75}\right)\right)$$

$$= 181.828$$

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

$$= \left(\frac{221.841}{2.75}\right) \times \left(1 - \left(\frac{6 \times 0.6}{2.75}\right)\right)$$

$$= -20.489$$

$$q_u = (c \times N_c) + Df \times \gamma \times N_q$$

$$+ (0.5 \times \gamma' \times B \times N_\gamma)$$

$$= (22.55 \times 16.88) + (0.4 \times 27.47 \times 7.82)$$

$$+ (0.5 \times 28.11 \times 2.75 \times 4.13)$$

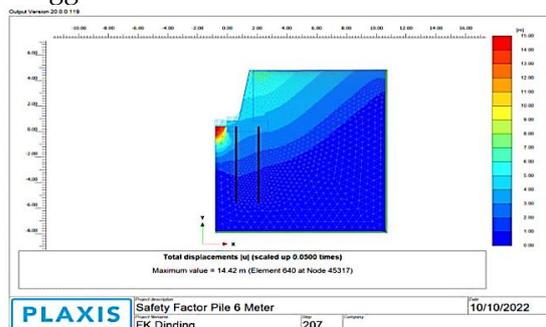
$$= 626.2$$

$$FK \text{ Terhadap Dukung Tanah} = \frac{q_u}{q_{max}}$$

$$= \frac{626.2}{181.828}$$

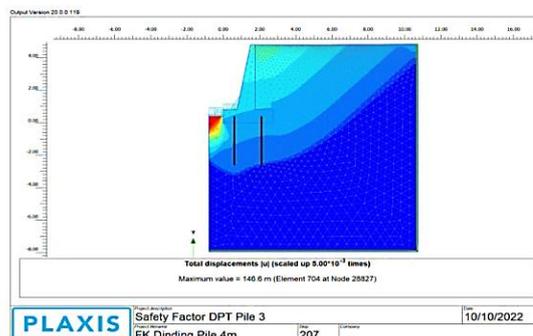
$$= 3.44 > 2 \text{ (Aman)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan faktor keamanan dinding penahan tanah yang diperoleh, dinding Aman terhadap geser dan aman terhadap kapasitas daya dukung tanah, akan tetapi dinding penahan tanah tidak aman terhadap stabilitas geser tanah. Maka dari itu dinding penahan tanah didukung dengan pile bor dengan kedalaman 6 meter. Hasil dari perhitungan dan pengolahan dilakukan dengan menggunakan software Plaxis V20 2D



Gambar 9. Kondisi Lereng dengan Pile 6 Meter

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan software Plaxis v20 2D dan pile bor 6 meter didapatkan nilai faktor keamanan lereng yaitu 2,630. Dari hasil tersebut nilai Fk > 1.5 maka dinding penahan tanah dinyatakan Aman. Dilakukan pengolahan yang sama dengan menggunakan pile bor dengan kedalaman 3 meter guna mengurangi estimasi biaya jika terjadi longsoran disekitaran daerah penelitian dana dapat dilihat kondisi lereng dengan pile 3 meter seperti gambar dibawah ini.



Gambar 10. Kondisi Lereng dengan Pile 3 Meter

Dari hasil pengolahan yang didapatkan dengan menggunakan software Plaxis V20 2D yaitu 2,459, dari hasil tersebut dinding dinyatakan aman. Maka dari itu jika terjadi longsoran disekitar lereng maka dapat dibangun dinding penahan tanah tipe katiliver dengan kedalaman pile bor 3 meter.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data yang telah dilakukan diapatkan nilai faktor keamanan lereng yaitu 1,393 > 1,2 dari nilai tersebut lereng dinyatakan aman terhadap longsoran. Jika lereng diberikan beban sebesar 100Kpa didapatkan nilai faktor keamanan yaitu 0,819 < 1,2 atau lereng dinyatakan tidak aman. Maka dari itu daerah penelitian terdapat dinding penahan tanah, kemudian di uji nilai faktor keamanan dinding yaitu stabilitas terhadap guling yaitu 1,79 > 2 tidak aman terhadap guling. Stabilitas terhadap geser yaitu 0,91 < 1.5 tidak aman terhadap geser. Stabilitas terhadap Kapasitas daya dukung tanah yaitu 3,44 > 3 aman terhadap daya dukung tanah. Dikarenakan dinding tidak aman

*Analisis Faktor Keamanan Lereng Terhadap Longsoran Jalan Trikora
Dengan Penanganan Dinding Penahan Tanah*

terhadap geser selanjutnya diolah dinding dengan menggunakan pile bor dengan kedalaman 3 meter dan 6 meter. Hasil pengolahan didapatkan nilai faktor keamanan dinding dengan pile bor 6 meter yaitu $2,630 > 1.5$ aman dan nilai faktor keamanan dengan pile bor 3 meter yaitu $2,459 > 1.5$ aman. Oleh karena itu dinding penahan tanah dinyatakan aman jika lereng mengalami longsoran.

Daftar Pustaka

- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga: Jakarta.
- Direktorat Jendral Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. 1986. *Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah*, Departemen Kehutanan: Jakarta.
- Hanafiah, Muhammad Reza, Zairipan Jaya. 2020. *REKAYASA FONDASI untuk Program Vokasi*. Yogyakarta : CV.Andi
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2002), *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta : Gadhaj Mada University Press
- McCormac, Jack C. *Design of Renforced Concrete Fifth Edition*. New York : John Wiley and Son. Inc
- Putra, M.Sang Gumilar Panca. (2020). *Tanah Longsor dan Upaya Pencegahannya*. Jawa Tengah : CV Media Sejahtera.
- Putri, Reiza Anindya. Dan Azizah Rachmawati. (2016). Studi Perencanaan Perkuatan Tebing Sungai Konto Di Ngroto Kecamatan Pujon Kabupaten Malang, *Jurnal Unisma* 4(1)
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 3420 : 2016 Metode Kuat Geser langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase.
- Standar Nasional Indonesi (SNI) 03-3637-1994 Metode Pengujian Berat Isi Tanah Dengan Cetakan Benda Uji.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 3638-2012 Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif.
- Utomo, Muhajir. (2010). *Ilmu Tanah Dasar-Dasar Pengolahan*. Jakarta Kencana