

Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop pada Proyek Geotechnical Investigation Jalur Transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara

Yonas Prima Arga Rumbyarso^{1*}, Gali Pribadi¹

¹Universitas Krisnadwipayana Jatiwaringin, Indonesia

Primusindonesiaku@gmail.com*

| Received: 22/11/2023

| Revised: 25/12/2023

| Accepted: 27/12/2023

Copyright©2023 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently
open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstrak

Lereng merupakan suatu permukaan yang memiliki kemiringan dan membentuk sudut tertentu terhadap bidang horisontal dan tidak terlindungi. Kemiringan dan sudut yang terbentuk menyebabkan lereng memiliki perbedaan tinggi permukaan. Perbedaan tinggi permukaan lereng berakibat adanya gaya-gaya yang bekerja mendorong, dan juga gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan atau melawan, sehingga kedudukan tanah menjadi tetap stabil. Kestabilan suatu lereng dinyatakan dalam faktor angka keamanan lereng yang diperoleh atau didapatkan dengan cara membandingkan antara gaya yang menahan dan gaya yang mendorong. Berdasarkan data topografi titik pengeboran penyelidikan tanah pada jalur transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara, diketahui terdapat beberapa titik bor dengan kondisi tanah berupa lereng atau perbukitan, sehingga diprediksi dapat menimbulkan potensi terjadinya bencana tanah longsor dikarenakan pada titik tersebut akan menjadi jalur transportasi bongkar muat material batubara. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui angka keamanan lereng, dan mendapatkan kemiringan lereng yang aman dengan kondisi kemiringan lereng asli. Metode yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng dalam penelitian ini menggunakan *software* Geostudio Slope metode Bishop. Hasil analisis kondisi lereng asli pada titik pengujian OLC-FBH-03 dan OLC-FBH-06 didapatkan nilai angka keamanan lereng dengan hasil kondisi lereng aman longsor ($FK > 1,25$). Dengan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa jalur transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara aman terhadap bencana tanah longsor.

Kata Kunci: *Angka Keamanan Lereng, Geostudio Slope, Metode Bishop, Stabilitas lereng*

Abstract

A slope is a surface that has a slope and forms a certain angle to the horizontal plane and is not protected. The slope and angle formed cause the slopes to have differences in surface height. Differences in slope surface height result in forces acting to push, and also forces in the soil acting to resist or resist, so that the position of the soil remains stable. The stability of a slope is expressed in the slope safety factor which is obtained or obtained by comparing

the holding force and the pushing force. Based on topographic data of ground investigation drilling points on the Marangkayu Coal Port transportation route, Kutai Kartanegara Regency, it is known that there are several drilling points with soil conditions in the form of slopes or hills, so it is predicted that they could cause the potential for landslides because these points will become transportation routes for loading and unloading materials. coal. The aim of this research is to determine the slope safety figures, and to obtain a safe slope with the original slope conditions. The method used to analyze slope stability in this research uses Geostudio Slope Bishop method software. The results of the analysis of the original slope conditions at the OLC-FBH-03 and OLC-FBH-06 test points showed that the slope safety value was obtained with the result being that the slope condition was safe from landslides ($FK > 1.25$). With this, it can be concluded that the Marangkayu Coal Harbor transportation route, Kutai Kartanegara Regency is safe from landslides.

Keywords: Bishop Method, Geostudio Slope, Slope Stability, Slope Safety Value

1. Pendahuluan

Bencana alam dapat berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor (Meviana & Susanti, 2019). Longsor adalah sebuah perpindahan massa batuan atau tanah dari kedudukan semula menuju arah miring ke bawah, gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsor (Anom *et al.*, 2021). Gerakan tanah berupa longsor merupakan bencana yang membahayakan. Longsor seringkali terjadi akibat adanya pergerakan tanah pada kondisi daerah lereng yang curam, serta tingkat kelembaban tinggi, tumbuhan jarang dan material kurang padat. Faktor-faktor yang menjadi penyebab rawan longsor pada lereng yaitu hujan, tanah yang kurang padat & tebal, batuan yang kurang kuat, jenis tata lahan (Sambolangi *et al.*, 2019).

Proyek *Geotechnical Investigation* dalam penelitian ini berlokasi di Kecamatan Marangkayu, Kabupaten Kutai Kartanegara dengan jumlah titik pengeboran aktual 16 titik bor di daratan dan 2 titik bor di laut. Titik pengeboran penyelidikan tanah dikerjakan sepanjang jalur perencanaan transportasi disebelah sisi barat yang akan digunakan untuk proses bongkar muat material batubara ke pelabuhan yang akan dibangun. Berdasarkan data topografi titik pengeboran penyelidikan tanah yang dikeluarkan oleh PT Cakra Manggilingan yang diberi tugas dan ditunjuk oleh Pemerintah Kabupaten Kutai Kartanegara sebagai Konsultan Perencana Geoteknik, diketahui terdapat beberapa titik bor dengan kondisi tanah berupa lereng atau perbukitan, sehingga berpotensi terjadinya longsor dikarenakan pada titik tersebut akan menjadi jalur transportasi bongkar muat material batubara.

Tingginya curah hujan di Kutai Kartanegara yang terjadi pada bulan Juni tahun 2019 menyebabkan bencana banjir yang mengakibatkan 5.386 kepala keluarga atau 16.385 jiwa terdampak banjir (CNN Indonesia, 2019). Curah hujan yang tinggi merupakan salah satu faktor eksternal penyebab terjadinya lereng rawan longsor. Hal tersebut secara tidak langsung berdampak pada perhitungan stabilitas lereng yang terdapat pada lokasi proyek, sehingga diperlukan analisis stabilitas lereng agar diperoleh angka keamanan lereng yang aman dari terjadinya kelongsoran.

Analisis stabilitas lereng dengan GeoStudio Slope dapat menghemat waktu dan efektif dalam proses analisis. Metode Bishop dalam GeoStudio Slope digunakan karena perhitungannya yang sederhana, cepat dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti.

Metode ini cocok digunakan untuk pencarian secara otomatis bidang runtuh kritis yang berbentuk busur lingkaran untuk mencari faktor keamanan minimum (Effendi, 2016), sehingga metode ini sangat cocok digunakan dalam penelitian ini karena hasilnya dapat segera diketahui. Berdasarkan latar belakang diatas, penulis bertujuan untuk melakukan penelitian mengenai analisis stabilitas lereng dengan menggunakan Metode Bishop pada Proyek *Geotechnical Investigation* Kutai Kartanegara – Kalimantan Timur.

2. Metodologi penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dengan menggunakan metode penelitian kuantitatif. Metode kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui (Kisaram, 2008). Metode kuantitatif dalam penelitian ini diterapkan untuk mencari data berupa angka keamanan yang memenuhi persyaratan angka keamanan stabilitas lereng dengan menggunakan software Geostudio, kemudian angka tersebut akan dianalisis lebih lanjut di dalam analisis data.

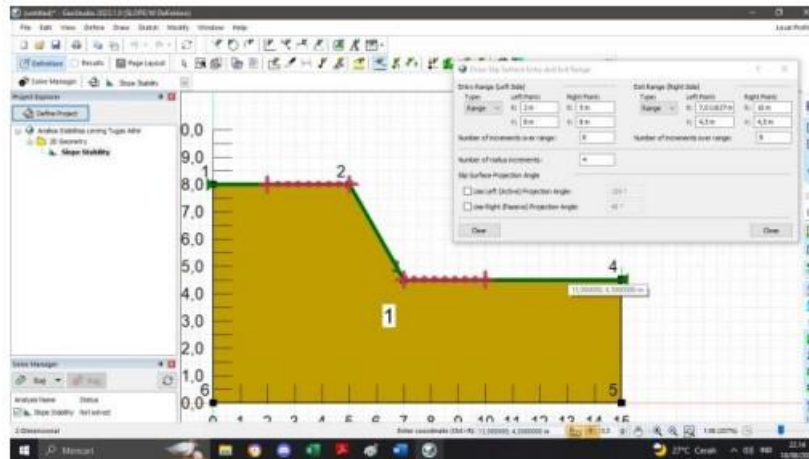
Tahapan – tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini antara lain :

1. Menentukan lokasi penelitian
2. Mengumpulkan data – data yang diperlukan
3. Mengolah data
4. Melakukan analisis menggunakan software Geostudio

Lokasi penelitian terletak di lereng sekitar Jalur Transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara.

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari hasil penyelidikan tanah oleh kontraktor pelaksana berupa hasil penyelidikan tanah di lapangan yaitu laporan hasil pengeboran (*boring log*) dan uji SPT, dan hasil penyelidikan tanah di laboratorium yaitu indeks propertis dan uji kuat geser, sedangkan data sekunder dalam penelitian ini berupa data topografi kontur tanah di lokasi penelitian yang diperoleh dari *software* Global Mapper, Peta Geologi Kota Samarinda, dan data Parameter *Engineering*.

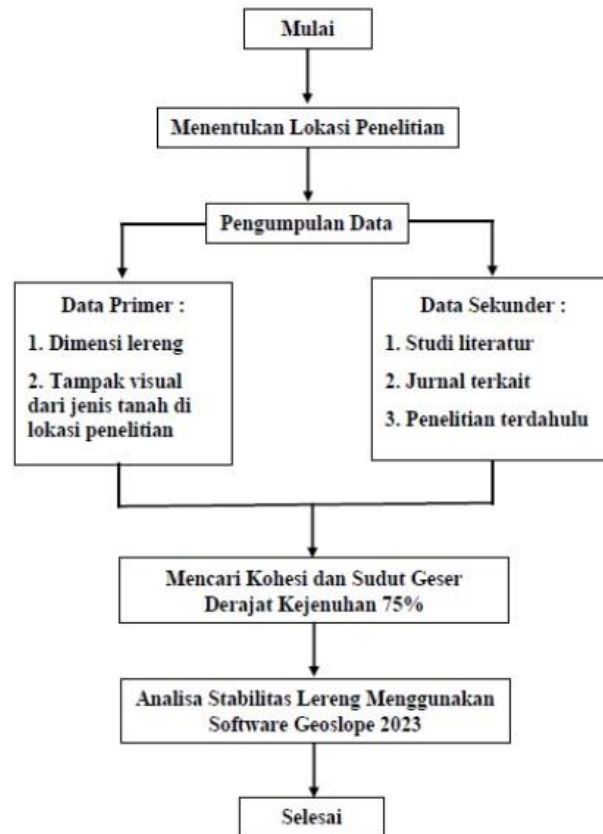
Setelah semua data didapatkan, maka data kemudian diolah untuk mencari kohesi serta sudut geser pada derajat kejenuhan 75%. Setelah itu maka kemudian dilakukanlah analisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode bishop pada program Geostudio. Dibawah ini terdapat langkah – langkah memasukkan data – data dengan berbantu software Geostudio:



Sumber : Olahan Data Dokumentasi, 2023

Gambar 1 Software Geostudio

1. Tekan tombol new pada halaman pertama Geostudio kemudian tekan tombol add serta klik 2D pada halaman *define project*
2. Klik tombol *add* kemudian pilih *SLOPE/W Analysis* lalu pilih *Limit Equilibrium*
3. Pilih *analysis type* menggunakan metode *Bishop* pada halaman *slope stability* kemudian klik *close* pada pojok kanan halaman *define project*
4. Klik *sketch* kemudian klik *axes* untuk memunculkan angka koordinat jarak pada lembar kerja
5. Klik *sketch* kemudian klik *lines* untuk menggambar sketsa dari lereng lokasi penelitian sesuai dengan data ketinggian serta kemiringan lereng yang telah didapatkan
6. Langkah berikutnya ialah menginput data tanah yang telah didapatkan ke dalam program dengan klik tombol *define* kemudian klik tombol *materials*
7. Klik tombol *add* kemudian dalam *table slope stability*, kemudian pilih *mohr coulomb* dalam *table material model*.
8. Masukkan data tanah dalam kondisi derajat kejenuhan 75% pada halaman *material model*, kemudian klik *close*
9. Selanjutnya klik *draw* lalu pilih *regions* untuk menggambar daerah dari jenis tanah
10. Klik *draw* lalu klik *materials* untuk menentukan area dari tanah yang sudah diinputkan datanya, setelah itu klik daerah atau *regions* yang sudah digambar sebelumnya.
11. Selanjutnya klik *draw*, lalu klik *slip surface* dan klik *entry and exit* untuk menentukan daerah lereng yang akan dianalisis kestabilannya.
12. Langkah selanjutnya klik *start* dalam *table solve manager* untuk menjalankan analisis kestabilan lereng
13. Hasil analisis akan muncul setelah menjalankan analisis.



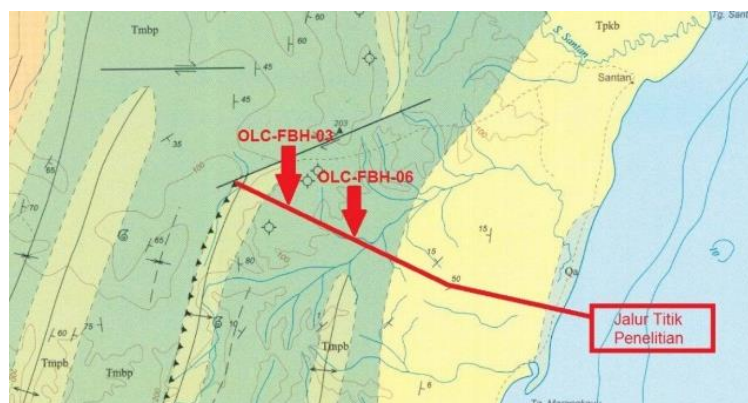
Sumber : Olahan Data Dokumentasi, 2023.

Gambar 2 Diagram Alur Penelitian Analisis Stabilitas Lereng

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Tanah, Topografi, dan Kegempaan

Karakteristik tanah daerah Kutai Kartanegara dan titik penelitian dapat dilihat dalam peta Geologi daerah Samarinda pada Gambar 3 sebagai berikut:



Sumber: Supriatna, dkk, 1995

Gambar 3 Peta Geologi Titik-titik Penelitian

Dari *Gambar 1* diketahui bahwa titik-titik penelitian yang dianalisis berada pada formasi Balikpapan (Tmbp). Formasi Balikpapan merupakan pergantian batu pasir dan tanah liat yang diselingi dengan lanau, serpih, batu kapur dan batubara. Formasi Kampung Baru merupakan batu pasir lepas dengan tanah liat, lanau, lignit lunak.

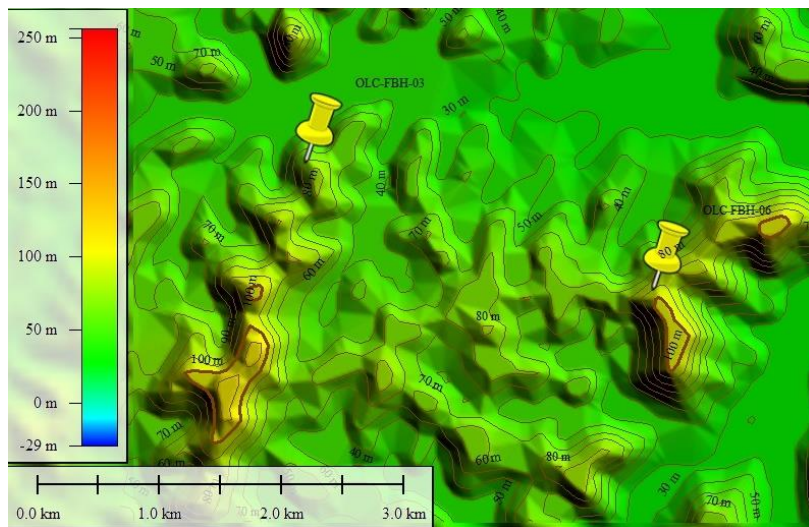
Pemetaan topografi dalam penelitian ini tidak dilakukan oleh tim survey pemetaan, sehingga data yang diperoleh hanya berupa data koordinat dan elevasi berdasarkan alat GPS dengan ketelitian ± 10 m. Elevasi dan koordinat titik pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Koordinat Titik Penelitian

Titik Pengujian	Koordinat		Elevasi
	<i>Easting (X)</i>	<i>Northing (Y)</i>	
OLC-FBH-03	536307.5296	9986919.1654	+70,45 m
OLC-FBH-06	539153.8299	9985878.7339	+87,30 m

Sumber: Tigenco, 2019

Dengan bantuan program aplikasi Google Earth, *software* Global Mappers, dan Autocad, titik penelitian, kontur tanah, jarak dan sudut lereng dapat digambarkan sebagai berikut:



Sumber: Global Mapper, 2019

Gambar 4 Kontur Tanah Titik Penelitian

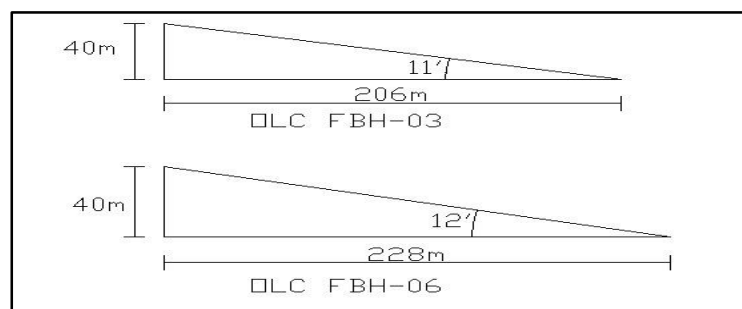
Diperoleh data tinggi dan jarak lereng yang ditunjukkan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Tinggi dan jarak lereng

Titik Pengujian	Elevasi Lereng		Tinggi Lereng	Jarak Lereng
	Atas	Bawah		
OLC-FBH-03	70 m	30 m	40 m	206 m
OLC-FBH-06	90 m	40 m	50 m	228 m

Sumber: Hasil analisis, 2023

Sudut kemiringan lereng diperoleh berdasarkan data pada Tabel 2 sebagai berikut:



Sumber: Hasil analisis, 2023

Gambar 5 Sudut Kemiringan Lereng Titik Pengujian

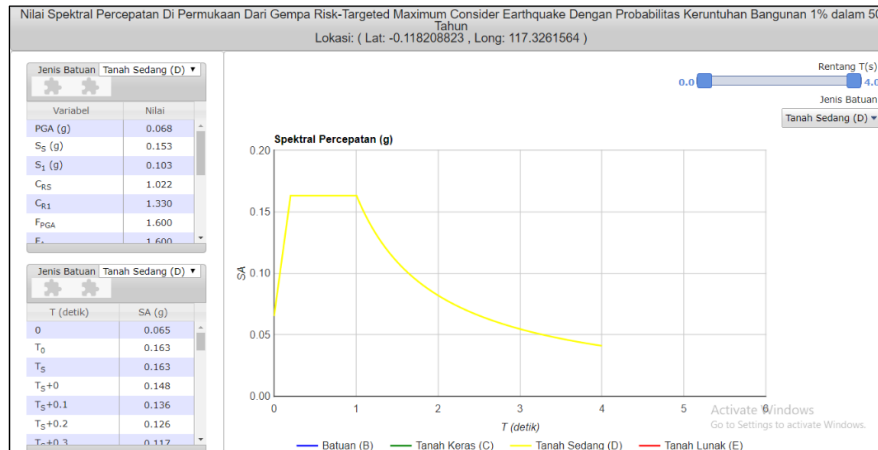
Profile tanah untuk tinjauan kegempaan berdasarkan SNI: 1726-2019 terbagi menjadi 4 (empat) kelas situs. Adapun kelas-kelas situs tersebut antara lain; SA (Batuan Keras) dan SB (Batuan) dengan nilai SPT Value $N \geq 50$, SD (Tanah Sedang) dengan nilai SPT Value $N = 15 - 50$, dan SE (Tanah Lunak) dengan nilai SPT Value $N < 15$. Hasil pengujian dilapangan dengan menggunakan alat Standart Penetration Test (SPT) terhadap titik test yang dianalisis, diperoleh nilai N SPT rata-rata sebagai berikut:

Tabel 3 Nilai NSPT Rata-rata Titik Uji

Titik Uji	Nilai NSPT-Rata-rata	Kelas Situs
OLC-FBH-03	25,767	SD (Tanah Sedang)
OLC-FBH-06	18,889	SD (Tanah Sedang)

Sumber: Tigenco, 2019

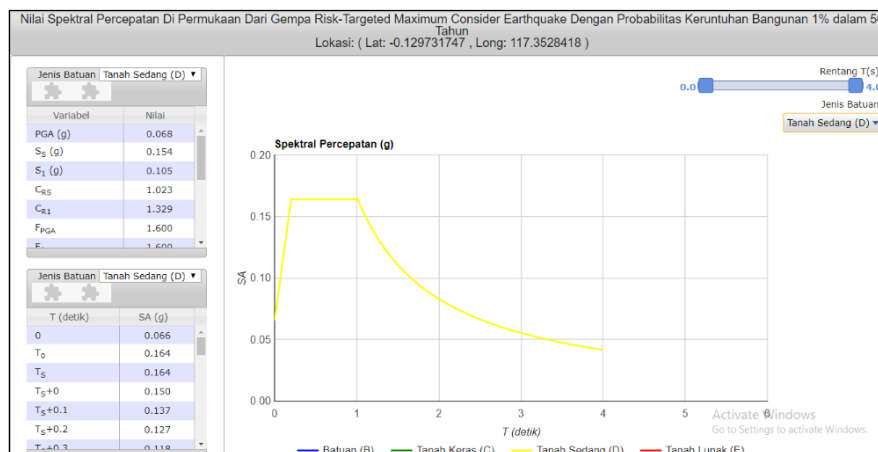
Penentuan respons spektral dalam penelitian ini dilakukan dengan mengambil data respons spektral dari laman *website* puskim.pu.go.id. Data respons spektral untuk situs tanah sedang (SD) titik uji OLC-FBH-03 dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut:



Sumber: Puskim.go.id, 2019

Gambar 6 Nilai Spektral Percepatan OLC-FBH-03

Adapun data respons spektral untuk situs tanah sedang (SD) titik uji OLC-FBH-06 dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut:



Sumber: Puskim.go.id, 2019

Gambar 7 Nilai Spektral Percepatan OLC-FBH-06

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6, diketahui nilai percepatan tanah puncak (PGA) senilai 0,068. Nilai tersebut digunakan untuk inputasi nilai koefisien percepatan horisontal gempa (K_h) dalam *define* Geostudio. Rumus yang digunakan adalah $K_h = PGA \times I$, dimana nilai I adalah nilai faktor keutamaan gempa. Faktor keutamaan gempa dapat dilihat dalam Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI: 1726-2019

3.2. Data Penyelidikan Tanah

Berdasarkan data pada *Borelog* tersebut maka dapat disimpulkan lapisan tanah pada titik pengujian OLC-FBH-03 adalah sebagai berikut:

Tabel 5 Rangkuman Lapisan Tanah OLC-FBH-03

<i>Layer No</i>	<i>Depth (m)</i>	<i>Layer Name</i>	<i>Soil Type</i>	<i>N-SPT</i>
1	0.0 - 4.5	<i>Sandy CLAY</i>	<i>light brown, medium stiff to stiff, low plasticity, moist</i>	6-9
2	4.5 - 9.5	<i>Clayey SAND</i>	<i>light brown, medium density, non plastic, moist</i>	15-18
3	9.5 - 15.5	<i>SAND</i>	<i>light grey to light brown, very dense density, non plastic, moist</i>	>50
4	15.5 - 18.5	<i>Silty CLAY</i>	<i>grey, hard, medium plasticity, moist</i>	41-45
5	18.5 - 25.0	<i>Silty CLAY-Clayey SILT</i>	<i>dark to light grey, very hard, medium plasticity, moist</i>	>50
6	25.0 - 27.0	<i>SAND</i>	<i>dark brown, very dense density, non plastic, moist</i>	>50
7	27.0 - 29.0	<i>Silty CLAY</i>	<i>brown, hard, medium plasticity, moist</i>	43
8	29.0 - 32.0	<i>SAND</i>	<i>dark brown, very dense density, non plastic, moist</i>	>50
9	32.0 - 41.0	<i>Silty CLAY</i>	<i>grey, very hard, medium plasticity, moist</i>	>50
10	41.0 - 45.5	<i>SAND</i>	<i>brown, very dense density, non plastic, moist</i>	>50

Sumber: Tigenco, 2019

Kesimpulan lapisan tanah berdasarkan data *Borelog* pada titik pengujian OLC-FBH-06 adalah sebagai berikut:

Tabel 6 Rangkuman Lapisan Tanah OLC-FBH-06

<i>Layer No</i>	<i>Depth (m)</i>	<i>Layer Name</i>	<i>Soil Type</i>	<i>N-SPT</i>
1	0.0 - 10.0	<i>Silty CLAY</i>	<i>light brown to brown, stiff, medium plasticity, moist</i>	8-12
2	10.0 - 12.0	<i>Silty SAND</i>	<i>light brown, medium density, non plastic, moist</i>	11

3	12.0 - 13.5	Silty CLAY	light brown, stiff, medium plasticity, moist	13
4	13.5 - 14.5	Silty SAND	light brown, dense density, non plastic, moist	34
5	14.5 - 15.5	Silty SAND	light brown, medium density, non plastic, moist	17
6	15.5 - 24.5	Silty CLAY- Sandy CLAY	grey-brown, very hard, medium plasticity, moist	>50
7	24.5 - 26.5	Clayey SAND	brown, very dense density, non plastic, moist	>50
8	26.5 - 33.5	Silty CLAY- Clayey SILT	dark grey to brown, very hard, medium to low plasticity, moist	>50
9	33.5 - 38.5	Silty SAND	light brown, very dense density, non plastic, moist	>50
10	38.5 - 40.5	Silty CLAY	grey, hard, medium plasticity, moist	>50
11	40.5 - 42.5	Clayey SILT	brown, very stiff to hard, low plasticity, moist	29-34
12	42.5 - 47.0	Silty CLAY	grey, very hard, medium plasticity, moist	>50

Sumber: Tigenco, 2019

3.3. Data Pengujian Laboratorium

Data *index properties* hasil pengujian sample tanah di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7 Parameter Engineering OLC-FBH-03

BOREHOLE				PHYSICAL PROPERTIES																				
Borehole	Soil Type	Depth (m)		INDEX PROPERTIES								ATTEBERG LIMIT				GRAIN SIZE								
				Specific Gravity	Water Content	Bulk Density	Dry Density	Void Ratio	Porosity	Degree of Saturation	Liquid Limit	Plastic Limit	Plasticity Index	USCS Classification	% Gravel	% Sand	% Silt	% Clay	% Fines					
				G _s	w _c	Y _s	Y _d	e	n	S _r	LL	PL	PI		-	-	-	-	-					
				(%)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	-	-	-	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)						
OLC-FBH03	Sandy CLAY, light brown	2.5-3.0	DS 1	2.646	33.518	1.992	1.491	0.776	0.437	100.000	36.668	14.918	21.780	CL	0.000	45.133	26.690	28.177	54.867					
OLC-FBH03	Silty SAND, light brown	5.5-6.0	DS 2	2.503	29.803	2.006	1.545	0.620	0.383	100.000	NON PLASTIC									0.000	94.700	4.972	0.328	5.300
OLC-FBH03	Silty CLAY, grey	16.0-16.5	DS 3	2.581	34.639	2.209	1.641	0.572	0.364	100.000	36.277	17.262	19.014	CL	0.000	22.783	37.031	40.186	77.217					
OLC-FBH03	Silty CLAY, brown	27.5-28.0	DS 4	2.583	24.438	2.216	1.784	0.448	0.309	100.000	38.073	17.374	20.699	CL	0.367	15.900	39.449	44.285	83.733					
OLC-FBH03	Silty CLAY, grey	32.5-33.0	DS 5	2.634	20.563	2.238	1.856	0.420	0.296	100.000	45.592	21.594	23.998	CL	0.000	1.067	48.852	50.081	98.933					
OLC-FBH03	Silty CLAY, grey	34.0-34.5	DS 6	2.633	27.782	2.226	1.742	0.512	0.339	100.000	49.028	27.519	21.509	CL	0.000	1.750	45.468	52.782	98.250					
OLC-FBH03	Silty CLAY, grey	40.0-40.5	DS 7	2.635	24.034	2.246	1.811	0.454	0.312	100.000	46.317	24.689	21.629	CL	0.000	2.350	43.345	54.305	97.650					
OLC-FBH06	Sandy SILT, light brown	2.5-3.0	UDS 1	2.666	19.843	2.020	1.687	0.581	0.368	90.978	31.946	25.294	6.652	ML	0.000	40.233	40.858	18.909	59.767					
OLC-FBH06	CLAY with SAND, light brown	5.0-5.5	UDS 2	2.658	32.423	2.014	1.523	0.746	0.427	100.000	42.297	22.318	19.979	CL	0.000	15.283	40.730	43.986	84.717					
OLC-FBH06	Sandy CLAY, light brown	5.5-6.0	DS 1	2.601	31.215	2.197	1.675	0.551	0.355	100.000	39.386	16.849	22.537	CL	0.750	17.783	37.135	44.331	81.467					
OLC-FBH06	Sandy CLAY, light brown	13.0-13.5	DS 2	2.603	27.851	2.210	1.729	0.507	0.336	100.000	36.543	21.727	14.816	CL	0.317	14.750	39.468	45.465	84.933					
OLC-FBH06	Silty CLAY, brown	20.5-21.0	DS 3	2.558	31.198	2.251	1.716	0.491	0.329	100.000	48.434	22.881	25.553	CL	4.200	7.783	42.173	45.844	88.017					
OLC-FBH06	Silty CLAY, grey	39.5-40.0	DS 4	2.549	24.835	2.207	1.772	0.439	0.305	100.000	45.894	20.941	24.953	CL	0.000	0.450	33.809	65.741	99.550					
OLC-FBH06	SILT with SAND, grey	41.5-42.0	DS 5	2.603	13.163	2.105	1.861	0.400	0.286	85.599	41.036	26.408	14.628	ML	0.000	23.933	58.247	17.820	76.067					

Sumber: Tigenco, 2019

Data *Mechanical properties* hasil pengujian sample tanah di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8 Parameter Engineering OLC-FBH-06

BOREHOLE				MECHANICAL PROPERTIES							
Borehole	Soil Type	Depth (m)		DIRECT SHEAR		TRIAXIAL CU		TRIAXIAL CU		Consolidation	
				Friction Angle	Undrained Shear Strength	Friction Angle	Undrained Shear Strength	Friction Angle	Undrained Shear Strength	Coefficient of Compression	Coefficient of Consolidation
				ϕ Degree	c (kg/cm ²)	ϕ Degree	c (kg/cm ²)	ϕ' Degree	c' (kg/cm ²)	C_c	C_v cm ² /sec
OLC-FBH03	Sandy CLAY, light brown	2.5-3.0	DS 1	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH03	Silty SAND, light brown	5.5-6.0	DS 2	39.289	0.125	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH03	Silty CLAY, grey	16.0-16.5	DS 3	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH03	Silty CLAY, brown	27.5-28.0	DS 4	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH03	Silty CLAY, grey	32.5-33.0	DS 5	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH03	Silty CLAY, grey	34.0-34.5	DS 6	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH03	Silty CLAY, grey	40.0-40.5	DS 7	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH06	Sandy SILT, light brown	2.5-3.0	UDS 1	-	-	17.000	0.163	28.000	0.116	0.152	4.28E-03
OLC-FBH06	CLAY with SAND, light brown	5.0-5.5	UDS 2	-	-	26.200	0.224	26.100	0.143	0.300	4.53E-03
OLC-FBH06	Sandy CLAY, light brown	5.5-6.0	DS 1	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH06	Sandy CLAY, light brown	13.0-13.5	DS 2	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH06	Silty CLAY, brown	20.5-21.0	DS 3	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH06	Silty CLAY, grey	39.5-40.0	DS 4	-	-	-	-	-	-	-	-
OLC-FBH06	SILT with SAND, grey	41.5-42.0	DS 5	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber: Tigenco, 2019

Data parameter engineering OLC-FBH-03 dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9 Parameter Engineering OLC-FBH-03

Layer No	Depth	Layer Name	Parameter Justification	NSPT VALUE	Unit Weight (gr/cm3)	Undrained Shear Str.		Effective Friction Angle
						Su (kPa)		
1	0 - 4.5	Sandy CLAY	TAKEN	7.5	1.980		33.750	
			SPT	Average		Stroud & Butler (1975)	33.750	
			ASSUMED		1.980			
2	4.5 - 9.5	Clayey SAND	TAKEN	16,5	2.050			40.745
			SPT	Average		Stroud & Butler (1975)		32.234
			ASSUMED		2.050			
3	9.5 - 15.5	SAND	TAKEN	50	2.250			45.000
			SPT	Average		Stroud & Butler (1975)		45.000
			ASSUMED		2.250			
4	15.5 - 18.5	Silty CLAY	TAKEN	43	2.150		430,000	
			SPT	Average		Sowers	430,000	
			ASSUMED		2.150			
5	18.5 - 25.0	Silty CLAY-Clayey	TAKEN	50	2.250		500,000	
			SPT	Average		Sowers	500,00	
			ASSUMED		2.250			

Sumber: Tigenco, 2019

Data parameter engineering OLC-FBH-06 dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10 Parameter Engineering OLC-FBH-06

Layer No	Depth	Layer Name	Parameter Justification	NFT VALUE	Unit Weight (g/cm ³)	Undrained Shear Str.		Effective Friction Angle
						Su (kPa)		φ
1	0.0 - 10.0	Silty CLAY	TAKEN	10	2,011		38,745	
			SPT	Average		Sowers	45,000	
			UDS 1		2,020	UCS	61,978	
						TRX UU	37,314	
			UDS 2		2,014	UCS	56,192	
						TRX UU	34,078	
			CORRELATION		2,000		50,000	
2	10.0 - 12.0	Silty SAND	TAKEN	11	2,020			29,071
			SPT	Average		Stroud & Butler (1975)		29,071
			ASSUMED		2,020			
3	12.0 - 13.5	Silty CLAY	TAKEN	13	2,020		130,000	
			SPT	Average		Sowers	130,000	
			ASSUMED		2,020			
4	13.5 - 14.5	Silty SAND	TAKEN	34	2,120			39,739
			SPT	Average		Stroud & Butler (1975)		39,739
			ASSUMED		2,120			

Sumber: Tigenco, 2019

3.4. Perhitungan Stabilitas Lereng

Perhitungan stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan *software* Geo-Studio. Data lapisan tanah dan parameter tanah yang dianalisis yaitu lapisan tanah yang berada pada lapisan tanah lunak dengan nilai N-SPT lebih kecil dari 50. Setelah data lereng dan parameter tanah diketahui, kemudian dilakukan penggambaran pemodelan, penginputan data dan perhitungan angka keamanan dengan *software* GeoStudio-Slope. Langkah-langkah analisis perhitungan angka keamanan stabilitas lereng dengan menggunakan *software* Geostudio-Slope, adalah sebagai berikut:

1. Atur data pada *Keyin Analyses*
2. Atur tampilan kertas gambar melalui Menu *Set*
3. Menggambar lereng pada kertas gambar dengan menggunakan menu *Sketch*
4. Masing-masing lapisan dibatasi dengan menu *Draw-Region* untuk membedakan kondisi antar lapisan
5. Membuat parameter tanah dalam *Define Materials* dan memasukkan parameter tanah pada *Keyin Materials*
6. Memasukkan koefisien percepatan horisontal gempa (K_h) dan koefisien percepatan horisontal gempa dalam *Define Seismic Load*. Rumus untuk nilai $K_h = C \times I$, dan $K_v = 2/3 \times K_h$.

Dimana:

C = Nilai percepatan tanah puncak (PGA)

I = Faktor keutamaan gempa (kategori resiko berada di daerah berkategori I/II, sehingga faktor keutamaan gempa = 1,00)

7. Memasukkan pembebanan truk dengan mengklik *Define Point Load* dan menginput data dimensi dan beban truk. Adapun jenis truk yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis truk tronton dengan berat maksimal 15 ton, berdimensi panjang beban (as roda depan ke as roda belakang) 7,00 m dan tinggi beban 2,50 m.

8. Atur batasan masukan dan keluaran data pada ikon *Slip Surface* pada kolom *Surface Entry and Exit Range*
9. Cek data yang telah dibuat dengan mengklik menu *Tools and Verify*. Klik *Verify*, maka akan muncul informasi data yang telah dibuat. Apabila tidak ada kesalahan data dan proses data maka akan tertulis: *0 error (s) found*
10. Langkah selanjutnya klik *Window Solve*, kemudian akan muncul kotak dialog yang menunjukkan data minimum faktor keamanan
11. Menampilkan hasil akhir berupa gambar kontur bidang longsor lereng dan angka keamanan yang terkecil.

Dengan mengikuti langkah-langkah analisis perhitungan angka keamanan stabilitas lereng dengan menggunakan *software* Geostudio-Slope, maka didapatkan hasil analisis dengan berbagai kondisi pemodelan sebagai berikut:

3.4.1. Analisis Angka Keamanan Lereng OLC-FBH-03

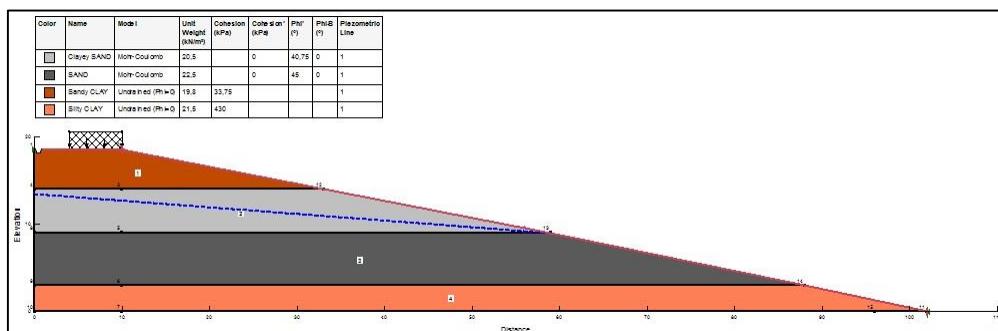
Analisis kondisi lereng asli dilakukan pada lapisan tanah dengan N-SPT < 50, sehingga didapatkan data kemiringan lereng, lapisan tanah, muka air tanah, data parameter tanah, data faktor kegempaan, dan faktor beban truk untuk kondisi lereng asli adalah sebagai berikut:

Tabel 11 Parameter Kondisi Lereng Asli OLC-FBH-03

Titik Pengujian	Data Lereng			Lapisan Tanah Lunak (N<50)			Parameter Tanah				Faktor Kegempaan		Faktor Beban Truk		
	Tinggi (m)	Jarak (m)	Sudut (°)	Nama Lapisan	Kedalaman (m)	N-SPT	γ (gr/cm ³)	S_u (kPa)	ϕ (°)	GWL (m)	K_h	K_v	Berat Max Truk	Panjang	Tinggi
OLC-FBH-03	18.50	92.00	11.00	Sandy CLAY	0.00 - 4.50	7.5	1.980	33.75	-	4.91	0.068	0.045	15 Ton	7.00 m	2.50 m
				Clayey SAND	4.50 - 9.50	16.5	2.050	-	40.75						
				SAND	9.50 - 15.50	50.0	2.250	-	45.00						
				Silty CLAY	15.50 - 18.50	43.0	2.150	430.00	-						

Sumber: Data inputasi, 2020

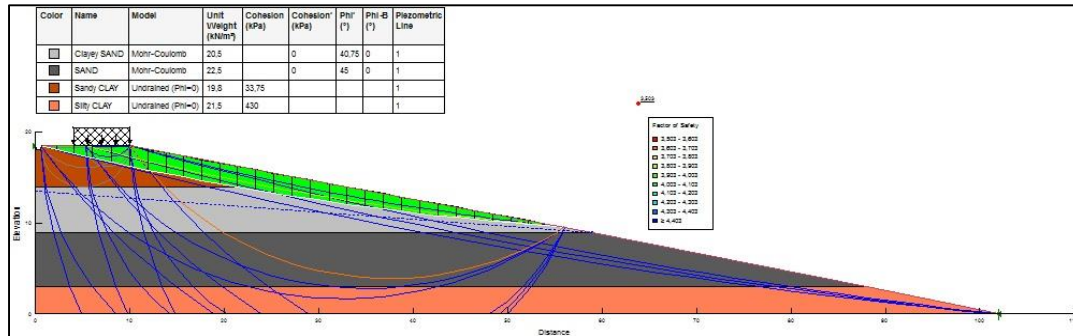
Proses selanjutnya yaitu dengan mengikuti langkah-langkah analisis perhitungan angka keamanan stabilitas lereng dengan menggunakan *software* Geostudio-Slope dan memodelkan kondisi lereng asli sebagai berikut:



Sumber: Pemodelan lereng, 2020

Gambar 8 Pemodelan Kondisi Lereng Asli OLC-FBH-03

Hasil Solve kondisi lereng asli titik uji OLC-FBH-03 dapat dilihat pada Gambar 4.7. sebagai berikut:



Sumber: Hasil analisis, 2020

Gambar 9 Hasil Analisis Kondisi Lereng Asli OLC-FBH-03

Dari Gambar 9 diketahui hasil analisis perhitungan angka keamanan kondisi lereng asli dengan menggunakan software Geostudio-Slope didapatkan nilai angka kemananan lereng (FK) sebesar 3,503, nilai tersebut lebih besar dari nilai angka kemananan lereng yang disyaratkan sebesar 1,25 ($FK > 1,25$), sehingga dapat disimpulkan lereng dalam kondisi aman terhadap longsor.

3.4.2. Analisis Angka Keamanan Lereng OLC-FBH-06

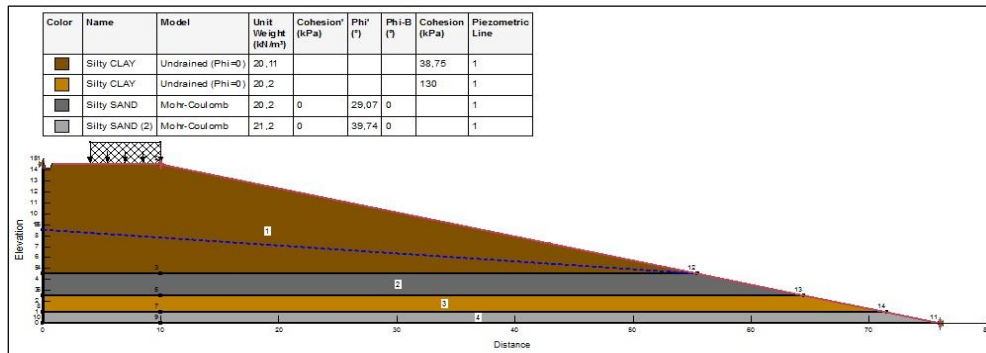
Analisis kondisi lereng asli dilakukan pada lapisan tanah dengan $N-SPT < 50$, sehingga didapatkan data kemiringan lereng, lapisan tanah, muka air tanah, data parameter tanah, data faktor kegempaan, dan faktor beban truk untuk kondisi lereng asli adalah sebagai berikut:

Tabel 12 Parameter Kondisi Lereng Asli OLC-FBH-06

Titik Pengujian	Data Lereng			Lapisan Tanah Lunak ($N < 50$)			Parameter Tanah				Faktor Kegempaan		Faktor Beban Truk		
	Tinggi (m)	Jarak (m)	Sudut (°)	Nama Lapisan	Kedalaman (m)	N-SPT	Y (gr/cm³)	Su (kPa)	ϕ (°)	GWL (m)	Kh	Kv	Berat Max Truk	Panjang	Tinggi
OLC-FBH-06	14.50	66.00	12.00	Silty CLAY	0.00 - 10.00	10.0	2.011	38.75	-	6.07	0.068	0.045	15 Ton	7.00 m	2.50 m
				Silty SAND	10.00 - 12.00	11.0	2.020	-	29.07						
				Silty CLAY	12.00 - 13.50	13.0	2.020	130.00	-						
				Silty SAND	13.50 - 14.50	34.0	2.120	-	39.74						

Sumber: Data inputasi, 2020

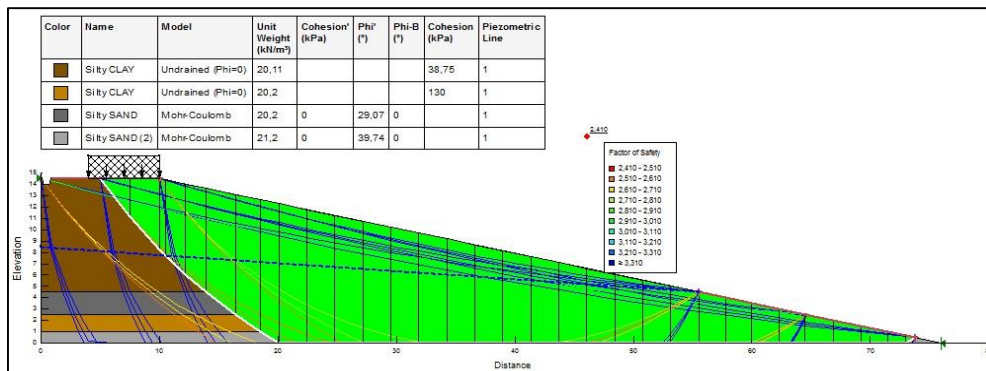
Proses selanjutnya yaitu dengan mengikuti langkah-langkah analisis perhitungan angka keamanan stabilitas lereng dengan menggunakan *software* Geostudio-Slope dan memodelkan kondisi lereng asli sebagai berikut:



Sumber: Pemodelan lereng, 2020

Gambar 10 Pemodelan Kondisi Lereng Asli OLC-FBH-06

Hasil *Solve* kondisi lereng asli titik uji OLC-FBH-06 dapat dilihat pada **Gambar 4.9.** sebagai berikut:



Sumber: Hasil analisis, 2020

Gambar 11 Hasil Analisis Kondisi Lereng Asli OLC-FBH-06

Dari **Gambar 4.9.** diketahui hasil analisis perhitungan angka keamanan kondisi lereng asli dengan menggunakan software Geostudio-Slope didapatkan nilai angka keamanan lereng (FK) sebesar 2,410, nilai tersebut lebih besar dari nilai angka keamanan lereng yang disyaratkan sebesar 1,25 ($FK > 1,25$), sehingga dapat disimpulkan lereng dalam kondisi aman terhadap longsor.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis stabilitas lereng yang sudah diteliti pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Angka keamanan untuk kondisi lereng asli di titik penelitian OLC-FBH-03 diperoleh nilai angka keamanan $FK = 3,503$. Dari hasil tersebut, kondisi lereng asli diperoleh hasil angka keamanan lereng lebih besar dari angka keamanan yang disyaratkan yaitu $FK > 1,25$, sehingga kondisi lereng aman terhadap longsor sehingga jalur transportasi menjadi aman dilalui oleh kendaraan ringan dan kendaraan berat.
2. Angka keamanan untuk kondisi lereng asli di titik penelitian OLC-FBH-06 diperoleh nilai angka keamanan $FK = 2,410$. Dari hasil tersebut, kondisi lereng asli diperoleh hasil angka

keamanan lereng lebih besar dari angka keamanan yang disyaratkan yaitu $FK > 1,25$, sehingga kondisi lereng aman terhadap longsor sehingga jalur transportasi menjadi aman dilalui oleh kendaraan ringan dan kendaraan berat.

Daftar Pustaka

- Anom, T. N., Rahmadanti, T., Pratiwi, D., Yudha, B. A. S dan Kristanto, W. A. D. (2021). Analisis Potensi Jenis Longsor Berdasarkan Karakteristik Geomekanika Batuan di Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan (JILK)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.31315/jilk.v3i1.3511>
- Departemen Pekerjaan Umum., (2019), “*Petunjuk Teknis Pengujian Tanah*”.
- Fauzi, A. Sukobar. Wahyudi, D. I. Moeljono, R.A. T., (2019), “Analisa Stabilitas Lereng dan Alternatif Penanganannya Studi Kasus Proyek Pekerjaan Kanal Utama Row 80 Kawasan Industri JIPE-Gresik”. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, Vol.17, No.2, Agustus 2019, Hal.1-2.
- Meviana, I., & Susanti, N. E. (2019). Pengembangan buku teks mitigasi bencana pada materi erupsi gunung api di SDN penataran 01 kabupaten blitar. *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial*, 114–126. <https://ejournal.uinmalang.ac.id/index.php/jpips/article/view/7537>
- PT. Tigenco Graha Persada., (2019), “*Final Report Kutai Coal Terminal Project*”, Jakarta.
- puskim.pu.co.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia., 2020.
- Sambolangi, Leprina., Usman Arsyad, BudirmanBachtar. (2019). *Identifikasi jenis dan Karakteristik Longsor di Daerah Aliran Sungai (DAS) Lisu, Kabupaten Barru. Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.* (Online), (http://digilib.unhas.ac.id/uploaded_files/temporary/DigitalCollection/OGQ1MWFkMTk3NjEzOGNiZGRlZDY3MTg3MTFlYjVlOGFjZWU0Nzk3YQ==.pdf), diakses 3 Oktober 2021
- SNI 1726:2019, “*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*”. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 8460:2017, “*Persyaratan Perancangan Geoteknik*”. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.