



PENGARUH KONDUKTIVITAS HIDROLIK TERHADAP STABILITAS LERENG (STUDI KASUS CITRALAND LAMPUNG)

Denny Widyanto^{*}, Andius Dasa Putra, Endro Prasetyo Wahono

Magister Teknik Sipil, Universitas Lampung, Bandar Lampung

**Corresponding author*, email address: dennywidyanto8@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article History:</i> Received 09 September 2024 Accepted 13 March 2025 Online 30 June 2025 <i>Keywords:</i> Landslides Plaxis Hydraulic Conductivity Slope Stability	Landslides have been a disaster that has hit Indonesian society for quite a long time. Based on data from the National Disaster Management Agency (BNPB), the percentage of landslides reached 18.85% of the total events in 2019 and ranked fourth. The latest landslide incident occurred on 26th January 2021, at Block A9 of the DaVinci CitraLand Lampung Cluster, thought to be caused by soil softening due to natural waterways and infiltration from the side of the slope. The purpose of this study is to analyze the relationship between ground water level (MAT) with safety factor (FK) and hydraulic conductivity. On the other hand, this study also aims to determine the maximum safe groundwater level and measures to maintain slope stability in the area. Finite element method is used in the analysis using plaxis software. Modeling changes in groundwater level using Plaxis has obtained several conclusions. On a slope with a groundwater depth of -10m from the ground surface the safety factor is 1.42, a groundwater depth of -9m the safety factor is 1.257, a groundwater depth of -8m the safety factor is 1.163, and a groundwater depth of -7m occurred when the slope Collapseed. Piezometer data in 2023 shows an increase in groundwater level. However, the slopes remain safe, because the average depth of groundwater is at an elevation of -10m from the ground surface, so the safety factor still exceeds the recommended threshold. The study concluded that groundwater levels significantly influence slope stability, with higher levels increasing hydraulic conductivity and landslide risk. To prevent landslides, measures such as monitoring groundwater levels in pump wells and implementing horizontal drainage systems are recommended for environmental sustainability and ease of application. ©2025 Magister Teknik Sipil USK. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Longsor merupakan bencana yang sudah bertahun-tahun melanda masyarakat Indonesia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menyatakan bahwa tanah longsor menempati urutan keempat dalam frekuensi bencana di Indonesia, terhitung 18,85% selama tahun 2019. Bencana tersebut menyebabkan banyak korban jiwa dan rusaknya infrastruktur yang ada. Pada hari Selasa, 26 Januari 2021 terjadi longsor pada blok A9 Cluster DaVinci CitraLand Lampung. Longsor diduga diakibatkan oleh adanya pelunakan pada material timbunan. Pelunakan pada material timbunan disebabkan oleh jalur air alami yang terletak pada sisi kaki lereng dan akibat infiltrasi aliran air yang terletak pada sisi kaki lereng timbunan. Pelunakan tanah timbunan mengakibatkan penurunan kuat geser tanah sehingga tanah tidak mampu menahan beban di atasnya. Sistem perkuatan pasca longsor yang telah dilaksanakan adalah *soldier pile* diameter 800 mm etc 2m dengan panjang 28 m sebanyak 45 titik (Rahardjo, 2021).

Terdapat 4 pipa inklinometer yang dipasang di dalam perkuatan *soldier pile*. Monitoring inklinometer dilakukan secara berkala untuk melihat dan membaca jika ada pergerakan yang terjadi pada lereng dan perkuatan *soldier pile* yang telah dilaksanakan. Selain monitoring menggunakan inklinometer, di lokasi tersebut juga dilaksanakan monitoring piezometer dengan dibuat 4 sumur, yang setiap saat diukur dan dipompa untuk mengendalikan air tanah yang bisa membuat tanah menjadi jenuh. Di lokasi juga terdapat horisontal drain sebanyak 15 titik untuk mengontrol keluarnya air dari dalam tanah.

Adapun tujuan dari studi ini yaitu untuk menganalisis hubungan antara Muka Air Tanah (MAT) dengan Faktor Keamanan lereng menggunakan Software Plaxis, menganalisis hubungan antara Muka Air Tanah (MAT) dengan Konduktivitas Hidrolik menggunakan Software Plaxis, dan menentukan Muka Air Tanah (MAT) maksimum yang aman untuk stabilitas.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Faktor Keamanan Lereng

Kestabilan lereng adalah keadaan stabil ditinjau dari bentuk dan dimensi lereng (Duncan et al., 2014). Beberapa factor yang mempengaruhi kestabilan lereng adalah sudut kemiringan, nilai kuat geser tanah, kedalaman muka air tanah, serta jenis lapisan penyusun tanah dengan nilai kohesi dan sudut geser yang berbeda. Analisis stabilitas lereng memiliki tujuan untuk menentukan faktor keamanan daerah yang berpotensi longsor. Permukaan slip bentuk umumnya adalah bentuk permukaan slip yang dekat dengan busur lingkaran. Hal yang mempengaruhi stabilitas lereng yaitu geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik batuan dan sifat mekanik batuan, juga gaya yang bekerja pada lereng. Perbandingan antara gaya tahan yang menjaga kestabilan lereng dengan gaya dorong penyebab longsor menghasilkan faktor keamanan. Tabel 1 menunjukkan nilai faktor keamanan lereng menurut (Bowles dan Hainim, 1991).

Tabel 1. Faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsoran

Nilai Faktor Keamanan (FK)	Kejadian/Intensitas Longsor
FK<1,07	Longsoran terjadi biasa/sering (kelas labil)
FK antara 1,07-1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK>1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

Sumber : (Bowles dan Hainim, 1991)

2.2. Muka Air Tanah (MAT)

Ketidakstabilan lereng saat musim hujan, penyebabnya yaitu kejenuhan tanah karena infiltrasi atau masuknya air hujan ke dalam tanah dan perubahan sifat-sifat tanah khususnya kekuatannya. Brand (1981) menemukan bahwa faktor utama terjadinya slip yaitu berkurangnya *suction* (air pori negatif) menjadi nol melalui osmosis. Hal ini dikonfirmasi oleh Ng et al., (2001), yang menyebutkan bahwa pada tanah dengan tabel air yang dalam, infiltrasi hanya mengurangi sedotan tanah tanpa berdampak signifikan pada tabel air.

Kuwano dan Chen (1990) dalam IG.N.Wardana (2011) juga menjelaskan bahwa longsoran yang terjadi pada lereng sesudah hujan deras bukan hanya diakibatkan oleh peningkatan tekanan air pori dan peningkatan muka air tanah, tetapi juga peningkatan kejenuhan atau hisapan tanah akibat penurunan kuat geser tanah. Kurangnya kemampuan sedotan tanah lempung akibat infiltrasi pada umumnya pasti terjadi ketika hujan. Air yang berasal dari permukaan tanah masuk ke dalam tanah kering melalui titik akses tetap yaitu pori-pori tanah. Volume pori tanah dapat bervariasi meskipun jumlah pori tanah dapat diasumsikan tetap.

Tanah adalah sistem cair-dalam-padat dan bukan sistem padat-cair. Namun, kandungan air dalam tanah sangat mempengaruhi tanah. Perubahan volume serta sifat lain seperti kekuatan, kompresibilitas, plastisitas dan konduktivitas hidrolik juga sangat terpengaruh dengan berubahnya kandungan air tanah. Secara umum, semakin cair suatu tanah, semakin tidak kokoh tanahnya. Proses berkurangnya kadar air selama proses pengeringan bisa mengubah komposisi jaringan tanah, sehingga ukuran dan distribusi pori-pori tanah ikut berubah (Yong dan Warkentin, 1975). Perubahan pada ukuran dan distribusi pori-pori tanah

akan mengubah permeabilitas, kuat geser tanah, dan kompresibilitas. Perubahan kuat geser dan volume tanah dapat terjadi selama proses pengeringan dan pembasahan (Darwis, 2018). Perubahan kadar air tanah mempengaruhi perubahan volume tanah, sedangkan perubahan kekuatan tanah erat kaitannya dengan keadaan air pori tanah, perubahan ukuran dan distribusi pori tanah akan mempengaruhi kekuatan geser tanah. Kekuatan tanah pada bidang geoteknik biasanya ditunjukkan dengan kuat geser. Beban-beban yang menjadi gaya luar dan bekerja pada tanah dapat menyebabkan keruntuhan dalam bentuk geser karena kekuatan tarik tanah sangat kecil. (Lumikis, 2013)

2.3. Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) merupakan suatu metode numerik yang memiliki tujuan untuk menemukan pemecahan pendekatan suatu persamaan diferensial parsial. Dalam metode elemen hingga, masalah pada metode numerik serta penentuan syarat-syarat batas bisa diselesaikan dengan membuatnya menjadi unit-unit kecil yang disebut elemen, sehingga pemecahan masalah dari tiap unit kecil dapat dinyatakan dalam fungsi lebih sederhana dibandingkan dengan fungsi secara keseluruhan. (Santoso et al, 2012).

Metode elemen hingga dapat digunakan untuk perhitungan gaya-dalam (*internal forces*) di beragam kasus pada bidang rekayasa. Kelebihan dari metode elemen hingga adalah bisa digunakan untuk memodelkan beragam bentuk geometri struktur tak beraturan, selain itu dalam hal geometri maupun material metode elemen hingga memiliki aspek nonlinieritas.

PLAXIS adalah sebuah aplikasi dengan basis elemen hingga yang dapat dipakai dalam analisis deformasi dan stabilitas dua dimensi pada rekayasa geoteknik.

Metode elemen hingga dapat membagi tanah menjadi bagian-bagian terpisah yang disebut elemen hingga. Ini tercermin dalam node dan elemen yang saling berhubungan batas yang telah ditentukan sebelumnya. Kepadatan mesh elemen dalam program PLAXIS 2D dapat berupa ditentukan saat menentukan jenis jaringan. Jenis jaringan mempengaruhi kepadatan elemen, hasil analisis dan waktu yang dibutuhkan untuk analisis.

2.4. Konduktivitas Hidrolik

Konduktivitas hidrolik adalah kemampuan suatu material, seperti tanah atau batuan, untuk menghantarkan air melalui pori-porinya. Konduktivitas hidrolik sangat penting dalam berbagai aplikasi geoteknik dan hidrologi, seperti desain pondasi, bendungan, analisis stabilitas lereng, dan manajemen air tanah. Teori dan konsep dasar yang berkaitan dengan konduktivitas hidrolik salah satunya adalah Hukum Darcy.

Hukum Darcy adalah dasar dari teori konduktivitas hidrolik, yang menyatakan bahwa laju aliran air melalui media berpori sebanding dengan gradien hidrolik dan konduktivitas hidrolik media tersebut. Secara matematis, hukum Darcy dinyatakan sebagai:

$$Q = kA\Delta h/L \quad (1)$$

Dalam konteks penelitian ini tentang "Analisis Pengaruh Konduktivitas Hidrolik Terhadap Stabilitas Lereng" di Citraland Lampung, konduktivitas hidrolik akan memainkan peran penting dalam analisis bagaimana air bawah tanah mempengaruhi tekanan pori dalam lereng dan akhirnya stabilitas lereng tersebut.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lereng pada Blok A9 Cluster DaVinci Citraland Lampung. Adapun data teknis lereng ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Teknis Lereng Lokasi Penelitian

1. Lokasi	:	CitraLand Bandar Lampung berlokasi di Jl. Raden Imba Kusuma No.789, Sumur Putri – Bandar Lampung
2. Tinggi Lereng	:	15 – 20 m
3. Panjang Lereng	:	68 m
4. Beban di atas Muka Tanah	:	22 kN/m ²
5. Sudut Kemiringan Lereng	:	18°
6. MA Normal	:	10m



Gambar 1. Lokasi lereng penelitian

3.2. Pengambilan Data

Data primer dan data sekunder digunakan dalam penelitian ini. Data primer didapatkan dari sumber yang ada hubungan langsung dengan masalah penelitian, sementara data sekunder merupakan data yang telah tersedia karena didapatkan dari penelitian sumber lain terpublikasi.

Data primer pada penelitian ini yaitu hasil pengukuran piezometer dan tinggi muka air objek penelitian untuk menghitung debit dari drainase horisontal. Pengumpulan data tersebut dilakukan secara manual oleh staf yang ditugaskan dan rekaman video untuk dokumentasi. Selain data terkait piezometer dan debit, data sekunder yang dikumpulkan adalah pergerakan horisontal lereng dengan mengambil data dengan inklinometer yang telah dilaksanakan selama kurun waktu Maret 2021 sampai bulan Februari 2023.

3.3. Pemodelan Pada Plaxis

3.3.1. Data Parameter Tanah

Parameter tanah yang dipakai dalam studi ini tertera pada Tabel 3 – Tabel 7 berikut:

Tabel 3. Parameter tanah kedalaman 0-5m

Tanah Kedalaman 0 - 5 m	
Parameter Tanah	Asumsi dan Batasan
Soil Model	Mohr Coulomb
Drainage Type	Undrained
γ unsat	11,65
γ sat	16,86
e init	1,13
E (Modulus Young)	3150
v (Poisson Ratio)	0,4
c _{ref} (Koheesi)	14,5
Φ' (phi) Sudut Gesek Internal	37,88
Data Set	Standard
< 2 μ m (Clay)	28%
2 μ m- 50 μ m (Silt)	37%

Tabel 4. Parameter tanah kedalaman 5-8m

Tanah Kedalaman 5 - 8 m	
Parameter Tanah	Asumsi dan Batasan
Soil Model	Mohr Coulomb
Drainage Type	Undrained
γ unsat	12,64
γ sat	17,57
e init	1,01
E (Modulus Young)	4200
ν (Poisson Ratio)	0,4
c _{ref} (Koheesi)	17
Φ' (phi) Sudut Gesek Internal	32
Data Set	Standard
< 2 μ m (Clay)	28%
2 μ m- 50 μ m (Silt)	40%

Tabel 5. Parameter tanah kedalaman 8-15m

Tanah Kedalaman 8 - 15 m	
Parameter Tanah	Asumsi dan Batasan
Soil Model	Mohr Coulomb
Drainage Type	Undrained
γ unsat	14,3
γ sat	18,95
e init	0,9
E (Modulus Young)	3900
ν (Poisson Ratio)	0,4
c _{ref} (Koheesi)	12
Φ' (phi) Sudut Gesek Internal	32
Data Set	Standard
< 2 μ m (Clay)	11%
2 μ m- 50 μ m (Silt)	27%

Tabel 6. Parameter tanah kedalaman 15-20m

Tanah Kedalaman 15 - 20 m	
Parameter Tanah	Asumsi dan Batasan
Soil Model	Mohr Coulomb
Drainage Type	Undrained
γ unsat	14
γ sat	18
e init	0,6
E (Modulus Young)	6225
ν (Poisson Ratio)	0,4
c _{ref} (Koheesi)	4
Φ' (phi) Sudut Gesek Internal	35
Data Set	Standard
Type	Medium

Tabel 7. Parameter tanah kedalaman 20-30m

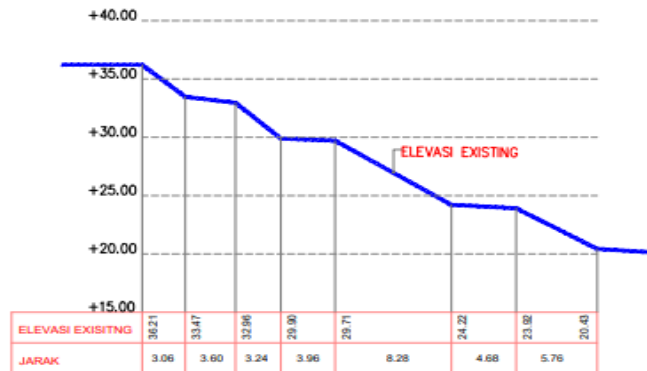
Tanah Kedalaman 20 - 30 m	
Parameter Tanah	Asumsi dan Batasan
Soil Model	Mohr Coulomb
Drainage Type	Undrained
γ unsat	18
γ sat	23
e init	0,6
E (Modulus Young)	16800
ν (Poisson Ratio)	0,4
c _{ref} (Koheesi)	25
Φ' (phi) Sudut Gesek Internal	45
Data Set	Standard
Type	Medium

3.3.2. Pembebanan

Beban yang dipakai pada penelitian ini adalah beban rumah dengan asumsi beban merata dengan $q = 350 \text{ kN/m}^2$ (beban merata pada lokasi).

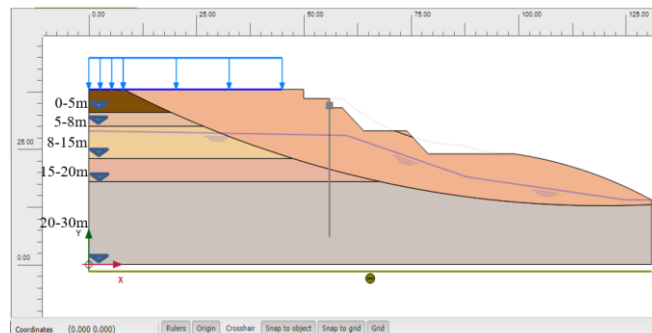
3.3.3. Permodelan Lereng

Permodelan Lereng dibuat menggunakan Autocad dengan Standar Geometri Permodelan Lereng.



Gambar 2. Permodelan lereng dengan autocad

Permodelan kondisi awal lereng dilakukan tanpa perkuatan dan tanpa muka air. Pada tahap permodelan, *input* seluruh data parameter tanah geoteknik pada Tabel 3 – Tabel 7 ke dalam *software plaxis* untuk melihat keruntuhan yang terjadi pada lereng. Permodelan lereng dengan memasukkan ketentuan kondisi batas dan beban yang diaplikasikan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Kondisi awal lereng

3.3.4. Tahapan Analisis dengan Plaxis

1. Tahap Input Plaxis (*Pre-Process*)

Tahap awal di tab project, *input* judul pada pemodelan yang akan dibuat. Selanjutnya di tab model masukkan tipe model, kontur, dan satuan. Pada tab constants, *input* berat dari massa jenis air sebesar 10 kN/m^3 . Tahap pemodelan geometri secara lengkap dengan memasukkan data parameter tanah, kondisi batas, dan beban yang diaplikasikan.

2. Tahap Input Material

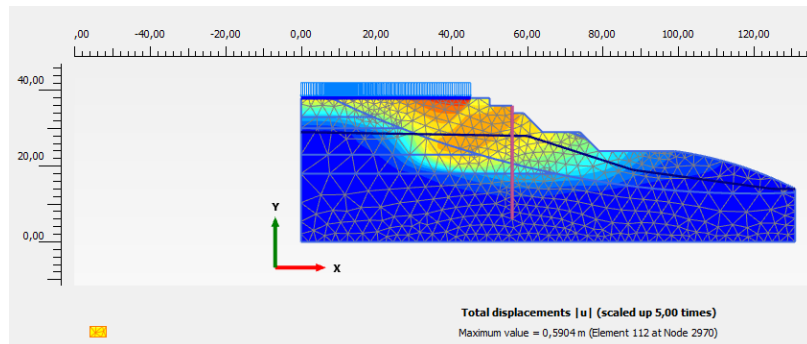
- Tahapan pemodelan secara lengkap dengan memasukkan parameter tanah, kondisi batas, dan beban yang akan digunakan. Parameter tanah dimasukkan pada tab soil yg terdapat di mode tabs. Selanjutnya memasukkan material properties yang berisi sudut geser tanah, berat jenis tanah, kohesi, dan modulus elastisitas.
- Membuat pemodelan struktur yang digunakan pada model lapisan tanah yang telah dibuat. Selanjutnya buat garis geometri dan struktur perkuatan yang akan digunakan dalam model analisis, pada tab structure.

3. Tahap Kalkulasi

- Tahap pembuatan Mesh, geometri akan dibagi menjadi elemen hingga. Melakukan Meshing dengan tombol Generate Mesh dengan pilihan coarse, very coarse, medium, fine, dan very fine. Untuk opsi very fine maka pembagian elemen semakin halus sehingga perhitungan semakin akurat.
- Selanjutnya, pemodelan muka air tanah di tab Flow Condition. Dimodelkan muka air normal dan muka air tanah variasi kenaikan 1m. Untuk menentukan muka air tanah yang akan di hitung maka muka air tanah itu ditentukan global.
- Phase explorer akan menampilkan status perhitungan yang ditujukan oleh simbol diawal seperti baris. Tahapan ini ada di tab Staged Construction. Membuat beberapa tahap untuk dianalisis, setelah itu akan di calculate.
- Perhitungan akan mengkalkulasi seluruh data yang telah dimasukan ke bentuk geometri yang dibuat. Klik calculate, maka program plaxis akan memproses langkah yang telah dilakukan pada tahap phases explorer.

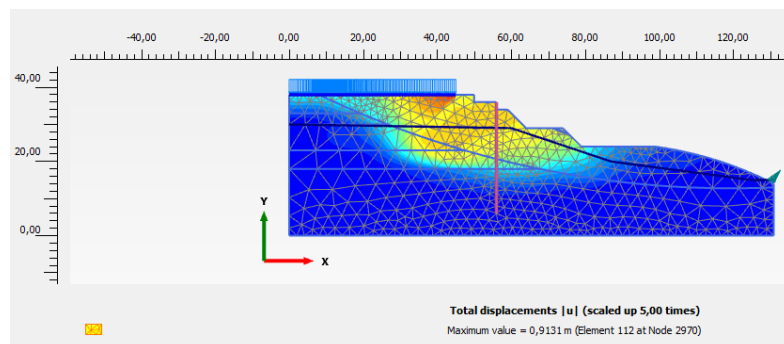
4. Tahap Output Plaxis

- Pada saat pemodelan Muka Air Tanah (MAT) Normal elevasi -10m mendapatkan faktor keamanan sebesar 1.42.



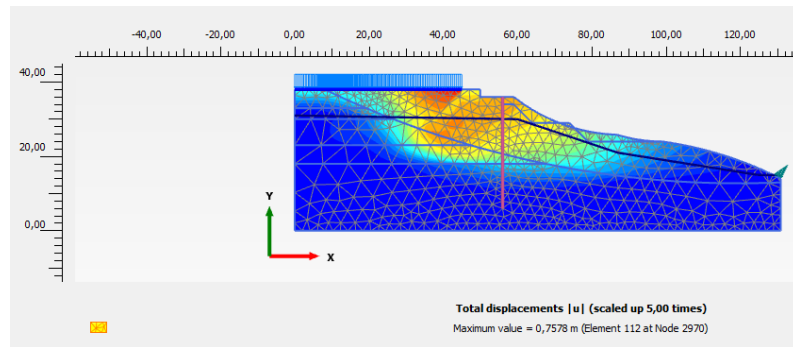
Gambar 4. Deformasi saat MAT -10m

- Pada saat pemodelan Muka Air Tanah (MAT) elevasi -9m mendapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1.257.



Gambar 5. Deformasi saat MAT -9m

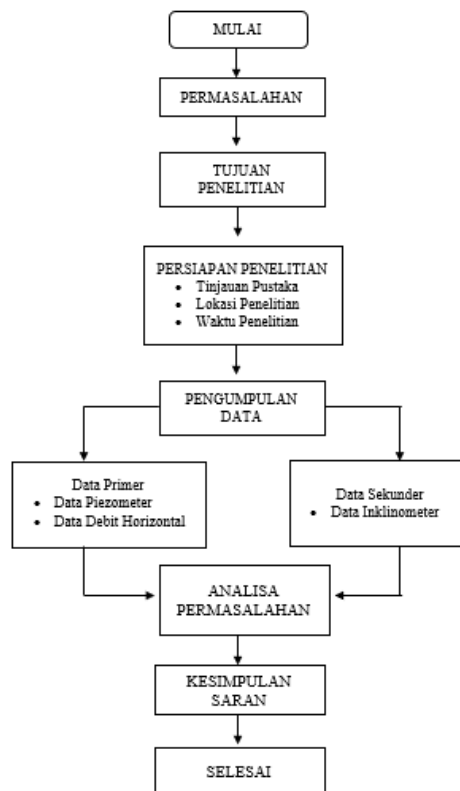
- Pada pemodelan Muka Air Tanah (MAT) elevasi -8m mendapatkan nilai Faktor Keamanan sebesar 1.163.



Gambar 6. Deformasi saat MAT -8m

3.4. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang dilaksanakan secara sistematis dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penanganan Untuk Mengurangi Kandungan Air Tanah Dalam Menjaga Kestabilan Lereng

Sistem drainase merupakan rangkaian pemipaan yang mengurangi atau menghilangkan kelebihan air dari area. Secara khusus, tanah longsor terjadi erat kaitannya dengan sifat tanah, geometri lereng, curah hujan, dan vegetasi (Sangseom et al., 2017). Sistem drainase yang digunakan untuk pengendalian infiltrasi di dalam tanah perihal penyebab pelunakan pada tanah pada kasus ini adalah membuat sumur pompa dan drainase horizontal.

Untuk membantu mengukur tekanan air pada pori tanah, maka digunakan sensor piezometer yang berdekatan dengan sumur pompa, sehingga saat piezometer menunjukkan kenaikan level air tanah maka pompa air akan bekerja untuk memompa air tanah keluar. Berikut adalah tabel data tinggi muka air pada sumur pompa yang berdekatan dengan piezometer pada tahun 2023, dimana apabila tinggi muka air mendekati ketinggian -9 hingga -10 meter maka air akan mulai di pompa keluar.

Tabel 8. Tinggi muka air tanah pada sumur pompa tahun 2023

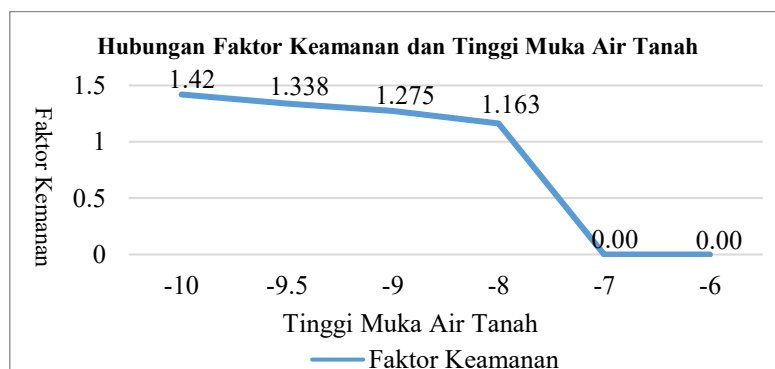
No	Tanggal	Elevasi Muka Air Tanah Rata-rata Setiap Bulan (m)	
		Sumur 3	Sumur 4
1	Jan-23	-10,5504	-10,4443
2	Feb-23	-10,6716	-10,5674
3	Mar-23	-10,0047	-9,89684
4	Apr-23	-10,0164	-9,97091
5	Mei-23	-10,74	-10,6539
6	Jun-23	-10,9332	-10,8221
7	Jul-23	-10,7645	-10,6465
8	Agu-23	-10,9668	-10,8495
9	Sep-23	-11,2925	-11,1531
10	Okt-23	-11,4514	-11,325
11	Nov-23	-13,1333	-11,31
12	Des-23	-13,2975	-11,4513
Rata-rata Tinggi Muka Air Pada Tahun 2023		-11,1519	-10,7576

4.2. Perbandingan Tinggi Muka Air Tanah (MAT) Terhadap Faktor Keamanan Lereng

Dari Tabel 8 didapat nilai rata-rata tinggi Muka Air Tanah (MAT) eksisting adalah di elevasi -10m. Maka diambil nilai MAT untuk pemodelan pada Plaxis sebesar -10m untuk mengetahui berapa kedalaman maksimum agar stabilitas lereng tetap aman maka dilakukan perhitungan Plaxis dan didapat nilai dari faktor keamanan setiap kenaikan muka air tanah. Semakin naik Muka Air Tanah (MAT) maka keadaan tanah menjadi jenuh air menyebabkan faktor keamanan lereng semakin menurun terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan muka air tanah dengan faktor keamanan

Elevasi Tinggi MAT(m)	Faktor Keamanan
-10	1.42
-9.5	1.338
-9	1.257
-8	1.163
-7	<i>Collapse</i>
-6	<i>Collapse</i>



Gambar 8. Grafik perbandingan MAT dan SF

Pada tabel perbandingan antara tinggi muka air tanah dengan faktor keamanan lereng, diperoleh nilai faktor keamanan lereng tertinggi pada elevasi muka air tanah -10 meter dan nilai faktor keamanan lereng minimum yang diperoleh (SNI 8460:2017) berada pada elevasi muka air tanah -9 meter. Sedangkan pada elevasi muka air tanah -7 meter dan seterusnya, nilai faktor keamanan sudah tidak aman (*Collapse*). Berdasarkan nilai perbandingan antara tinggi muka air tanah (MAT) dan nilai faktor keamanan, maka dapat disimpulkan bahwa kenaikan tinggi muka air tanah berbanding terbalik dengan nilai faktor keamanan.

4.3. Hubungan Konduktivitas Hidrolik dengan Faktor Keamanan Lereng

Baird et al. (2004) menyatakan bahwa semakin besar tinggi muka air, maka nilai konduktivitas hidrolik juga akan makin besar. Hal ini dikarenakan muka air yang tinggi memiliki tekanan yang lebih besar daripada muka air yang rendah. Dengan kenaikan tinggi muka air tanah maka nilai konduktivitas hidrolik semakin membesar, dimana hal ini menyebabkan turunnya nilai faktor keamanan lereng. Untuk itu tinggi muka air tanah pada lereng harus dikontrol agar tidak lebih dari elevasi -9 meter, dikarenakan nilai faktor keamanan lereng minimum terjadi pada elevasi -9 meter.

Tabel 10. Perbandingan nilai konduktivitas hidrolik dengan faktor keamanan

Tinggi MAT (m)	Konduktivitas Hidrolik	Faktor Keamanan
-10	0,327	1.42
-9	0.439	1.257
-8	0.542	1.163
-7	-	<i>Collapse</i>
-6	-	<i>Collapse</i>

4.4. Studi Terdahulu/ Penelitian Sejenis

Frans dan Nurfaal (2019) melakukan penelitian geoteknik tentang pengaruh muka air tanah terhadap kestabilan lereng pada tambang batubara. Dalam studi ini, hasilnya menunjukkan bahwa muka air tanah dan nilai factor keamanan memiliki hubungan yang berbanding terbalik.

Penelitian mengenai analisis muka air tanah terhadap kestabilan lereng juga pernah dilakukan oleh Dwinagara, dkk (2020) dengan lokasi penelitian yaitu tambang batubara PT. Bukit Asam Tbk. di Sumatera Selatan. Lereng yang menjadi objek yaitu lereng low wall dan high wall. Hasilnya menunjukkan bahwa lereng low wall dan high wall masih masuk dalam kategori aman untuk setiap kondisi pemodelan muka air tanah dengan factor keamanan lereng $>1,1$, namun lereng high wall pada kondisi muka air tanah jenuh cenderung tidak aman.

Sugianti (2013) melakukan riset pengaruh muka air tanah terhadap kestabilan lereng dengan lokasi penelitian lereng di ruas jalan raya cadas pangeran Sumedang. Penelitian menunjukkan hasil bahwa lereng nilai factor keamanan mendekati 1,0 dan lereng dalam kondisi kritis. Apabila muka air tanah naik sebesar 2,5m dari kondisi normal maka kestabilan lereng akan menurun.

Beberapa penelitian terdahulu yang telah disebutkan dapat menjadi panduan dalam menyusun penelitian ini. Faktor pembeda penelitian ini dari penelitian sebelumnya yang pernah ada yakni lokasi penelitian yang beda, dan kondisi susunan atau jenis tanah yang berbeda. Selain itu, kondisi lokasi penelitian yang dipilih pada lokasi ini pernah mengalami longsor dan telah dilakukan perbaikan menggunakan borepile. Penelitian ini dilakukan untuk melihat kondisi lereng setelah perbaikan agar dapat menjadi tolak ukur dalam melakukan langkah antisipasi dalam mencegah lereng longsor kembali.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan, maka disimpulkan bahwa pada kondisi awal lereng dengan elevasi Muka Air Tanah (MAT) sebesar -10m didapat nilai Safety Factor sebesar 1.42. Untuk mengetahui elevasi Muka Air Tanah (MAT) maksimum agar tidak terjadi longsor di daerah lereng maka dibuat pemodelan perubahan tinggi MAT setiap 1 meter dalam Software Plaxis sehingga mendapatkan hasil elevasi MAT -9 meter Safety Factor sebesar 1.257, elevasi MAT -8 meter Safety Factor sebesar 1.163 sedangkan elevasi MAT diatas -7 meter lereng akan runtuh/longsor.

Elevasi Muka Air Tanah berpengaruh dengan konduktivitas hidrolik tanah. Makin tinggi elevasi Muka Air Tanah maka konduktivitas hidrolik akan makin besar. Hasil perhitungan menunjukkan elevasi MAT -10meter didapat konduktivitas hidrolik sebesar $0.327 \times 10^{-3} \text{m/hari}$, elevasi MAT -9meter didapat konduktivitas hidrolik sebesar $0.439 \times 10^{-3} \text{m/hari}$, dan elevasi MAT -8meter didapat konduktivitas hidrolik

sebesar 0.542×10^{-3} m/hari.

Dari hasil piezometer pada tahun 2023 menunjukkan kenaikan level air tanah didapat elevasi Muka Air Tanah rata-rata sebesar -11,1519 meter dan -10,7576 meter. Pada kondisi ini maka lereng akan aman dikarenakan batas MAT -10 meter memiliki Safety Factor sebesar $1.42 > 1.25$ (Faktor Keamanan Lereng Menurut SNI 8460:2017).

Hasil penelitian di atas menunjukkan kestabilan lereng sangat dipengaruhi oleh muka air tanah, semakin tinggi muka air tanah maka nilai konduktivitas hidrolik semakin tinggi yang mana dapat menyebabkan longsor. Untuk menghindari longsor maka diperlukan tindakan pengukuran tinggi muka air tanah pada sumur pompa yang berdekatan dengan piezometer yang tertanam di borepile sehingga apabila terjadi kenaikan muka air tanah yang melebihi batas aman maka air pada sumur pompa segera di pompa keluar.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya, dapat dilakukan analisis penelitian dengan model perkuatan yang berbeda selain borepile, misalnya perkuatan menggunakan angkur untuk mendapat alternatif lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R. K., Najib, N., dan Nasrudin, A. 2017. Analisis Peningkatan Faktor Keamanan Lereng Pada Areal Bekas Tambang Pasir Dan Batu di Desa Ngablak, Kecamatan Cluwak, Kabupaten Pati. *PROMINE*, June 2017, Vol. 5 (1), page 10 – 19.
- Aprianti, E., Pujiastuti, H., Isfanari, I., dan Rahmawati, E. 2021. FAKTOR KEAMANAN LERENG JALAN RAYA PUSUK KECAMATAN PEMENANG KABUPATEN LOMBOK UTARA MENGGUNAKAN METODE FELLENIUS DAN BISHOP: Slope Safety Factors of Pusuk Road Pemenang North Lombok District using Fellenius and Bishop Methods. *Spektrum Sipil*, 8(1), 55-62.
- Badan Standarisasi Nasional. 2017. SNI 8460-2017 Persyaratan Perencanaan Geoteknik. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Baird, A. J., Surridge, B. W., dan Money, R. P. 2004. An assessment of the piezometer method for measuring the hydraulic conductivity of a *Cladium mariscus*—*Phragmites australis* root mat in a Norfolk (UK) fen. *Hydrological Processes*, 18(2), 275-291.
- BNPB. 2019. Analisa Bencana Indonesia 2019.
- Bowles, J. E., Hainim, K. J. 1991. Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Edisi kedua. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Brand, E. W., 1981. Some Thoughts on Rain Induced Slope Failure. Proceedings of The Tenth International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stocklom, Swedia, Vol 3, 15-19 June.
- Chen, F. H., 1975, 1988. Foundation of Expansive Soils. New York: American Elsevier Science Publication.
- Darwis. Dasar - Dasar Mekanika Tanah. 2018
- Das, B., 1985. The Principle of Geotechnical Engineering (Mekanika Tanah). Jakarta: Erlangga.
- Duncan, J. Michael, dan Stephen G. Wright. Soil Strength and Slope Stability.
- Dwinagara, B., Merliza, M., dan SUKAMTO, U. 2021. ANALISIS PENGARUH MUKA AIR TANAH TERHADAP KESTABILAN LERENG PADA TAMBANG BATUBARA PT. BUKIT ASAM TBK. SUMATERA SELATAN. *Jurnal Teknologi Pertambangan*, 6(2), 154-163.
- Fanani, Y., Astuti, A. D., dan Paki, A. K. 2021. Analisis Kestabilan Lereng Tambang CV. Mutiara Timur Berdasarkan Faktor Keamanan. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)* (Vol. 3, No. 1, pp. 277-282).
- Fardiansyah, A. H., Harimurti, H., dan Suroso, S. 2012. *Pengaruh Variasi Penambahan Kadar Air Terhadap Tekanan Pengembangan Tanah Ekspansif Arah Vertikal* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- Santo Frans, J., dan Nurfalaq, M. H. 2019. Studi Geoteknik Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan

- Lereng Tambang Batubara. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 1(1), 475-488.
- Hafidz, A., Fauzan, M., Putra, H., dan Daniswara, A. 2019. Analisis Perubahan Faktor Keamanan Lereng Akibat Hujan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(3), 169-176.
- Wardana, I. G. N. 2011. Pengaruh perubahan muka air tanah dan terasering Terhadap perubahan kestabilan lereng. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15(1).
- Fahmi, M., dan Ikhyia, I. 2020. Analisis Stabilitas Timbunan pada Tanah Dasar Berbentuk Lereng dengan Metode Elemen Hingga. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 6(3), 179.
- LH, Shirley, 1994, Geoteknik dan Mekanika Tanah, Nova, Bandung.
- Lumikis, B. K., Monintja, S., Balamba, S., dan Sarajar, A. N. 2013. Korelasi Antara Tegangan Geser Dan Nilai CBR Pada Tanah Lempung Ekspansif Dengan Bahan Campuran Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 1(6), 130839.
- Panduan Geoteknik Indonesia, 2001. Panduan Geoteknik 1: Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak, Pusat Litbang Prasarana Transportasi, WSP International, Jakarta, Indonesia.
- Pangemanan, V.G. 2014. Analisa Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 37-46.
- Plaxis. 2012. Tutorial Manual. A.A. Balkema. Rotterdam.
- Rahardjo, Paulus. 2021. Kajian Geoteknik Longsoran Perumahan Citraland Cluster Da Vinci Bandar Lampung 2021.
- Rajagukguk, O.P. 2014. Analisa Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland STA.1000m). *Jurnal Sipil*, 2(3), 139-147.
- Ramadhan, Rizki, Munirwansyah, Munira Sungkar. 2020. Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort dengan Program Plaxis 3. *Reka Buana Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 5 (1), 2020, page 1 – 11.
- Rochmat, Hidayat. 2020. Analisis Pengaruh Infiltrasi Hujan Terhadap Stabilitas Lereng Di Pangkalan, Sumatera Barat. Yogyakarta: Balai Teknik Sabo.
- R.N. Young and B.P. Warkentin, 1975. Soil properties and behaviour. Elsevier, Amsterdam, 449 pp
- Sangseom, dkk. A prediction method for rainfall-induced landslides (initiation) and subsequently debris flows (propagation) in regional scale areas. Yonsei University. Seoul. 2017
- Sangseom Jeong, Junghwan Kim, Yongmin Kim, Moonhyun Hong, 2017. Rainfall-induced landslides by deficit field matric suction in unsaturated soil slopes. *Environ Earth Sci* 76: 808. doi.org/10.1007/s12665-017-7127-2.
- Santoso, Aditya Y, Sulandari N, Pranata Y A. 2012. Studi Pendahuluan Simulasi Numerikal Metode Elemen Hingga Sambungan Balok-Kolo Baja Tipe *Clip-Angle*. *Jurnal Teknik Sipil* Volume 8 Nomor 2, Oktober 2012 : 76-141.
- Setyanto, Zakaria A. Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V.8.2 (Studi Kasus : Ruas Jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala STA.263+650).
- SNI 8460 : 2017 Standar Nasional Indonesia Bidang Geoteknik dan Lereng
- SNI 8134: 2015 Tata Cara Pengukuran tekanan air pori tanah dengan pisometer pipa terbuka Casagrande.
- Warkentin, B. P. & Yong, R. N., 1975. Soil Properties and Behaviour. New York: Elsevier.
- Zakaria, Zufaldi. 2009. Analisis Kestabilan Lereng Tanah. Laboratorium Geologi Teknik, Prog. Studi Teknik Geologi - FTG-UNPAD 2009.