

Analisis Keruntuhan Lereng pada Jalan Muaradua – Kotabatu, Kabupaten OKU Selatan, Sumatra Selatan

Ari Daman Haris ^{[1]*}, Nurly Gofar ^[1]

^[1] Program Studi S2 Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Bina Darma, Palembang, 30111, Indonesia

Email: aridamanharis566@gmail.com*

*) Correspondent Author

Received: 26 August 2024; Revised: 25 December 2024; Accepted: 21 February 2025

How to cited this article:

Haris, A.D., Gofar, N., (2025). Analisis Keruntuhan Lereng pada Jalan Muaradua – Kotabatu, Kabupaten OKU Selatan, Sumatra Selatan . Jurnal Teknik Sipil, 21(2), 220–232. <https://doi.org/10.28932/jts.v21i2.9828>

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur menyebabkan lereng harus di potong menjadi lebih curam dan menanggung beban konstruksi yang lebih besar. Meskipun dampak pemotongan lereng dan penambahan beban konstruksi terhadap kestabilan lereng telah diperhitungkan, namun beberapa proses yang mengikuti seperti terjadinya peningkatan tekanan air pori yang disebabkan oleh rembesan air hujan dan terjadinya rekahan pada permukaan tanah dapat menjadi pemicu terjadinya keruntuhan lereng. Artikel ini menyajikan analisis stabilitas lereng alam yang mengalami pemotongan untuk memberi ruang bagi pembangunan jalan baru di bawah jalan yang ada. Analisis stabilitas menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi stabil pada kondisi sebelum pemotongan ($FK = 1,694$) dan setelah pemotongan ($FK = 1,423$). Namun lereng tersebut runtuh setelah hujan lebat selama 3 hari pada tanggal 20 hingga 22 Juli 2022. Bidang kegagalan dimulai pada puncak lereng (crest) yaitu di bagian tengah jalan yang ada dan berhenti pada kaki lereng. Analisis rembesan yang dilakukan akibat infiltrasi hujan dengan mempertimbang posisi rekahan sebagai titik awal bidang longsor, menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tekanan air pori dalam lereng dan FK turun menjadi 0,973. Pekerjaan perbaikan yang dilakukan setelah kegagalan meliputi penyesuaian ulang jalan yang ada, memperkuat kaki lereng dengan struktur penahan, penutupan permukaan lereng dengan vegetasi serta pengaturan drainase permukaan.

Kata kunci: Faktor Keamanan, Infiltrasi Hujan, Keruntuhan Lereng, Konstruksi Jalan, Stabilisasi lereng.

ABSTRACT. Analysis of Slope Failure at Jalan Muaradua – Kotabatu District OKU Selatan, South Sumatra. Infrastructure development leads to the cutting of slope and additional construction loads on crest. Although the impact of slope cutting and additional construction loads on slope stability has been taken into account, several processes that follow, such as increased pore water pressure caused by rainwater seepage and the occurrence of cracks on the ground surface, can trigger slope failure. This article presents a stability analysis of a natural slope that has been cut to make room for the construction of a new road below the existing road. The stability analysis shows that the slope is in a stable condition before ($FoS = 1.694$) and after the construction ($FoS = 1.423$). However, the slope collapsed after heavy rain for 3 days on July 20th – 22nd, 2022. The failure plane starts at the crest of the slope, which is in the middle of the existing road, and ends at the toe. Seepage analysis carried out due to rain infiltration by considering the position of the crack as the starting point of the landslide plane, shows that there is an increase in pore water pressure in the slope, and the FoS decreases to 0.973. Remedial work carried out after a failure includes realigning the existing road, strengthening the toe of the slope with a retaining structure, covering the slope surface with vegetation, and arranging surface drainage.

Keywords: Rainfall infiltration, Road Construction, Safety Factor, Slope Failure, Slope Stabilization.

1. PENDAHULUAN

Kejadian tanah runtuh atau pergerakan tanah merupakan hal yang umum terjadi pada daerah perbukitan dan pegunungan di Kabupaten OKU Selatan, yang merupakan bagian dari Provinsi Sumatra Selatan karena Kabupaten OKU Selatan terletak pada jalur pegunungan Bukit Barisan. Keruntuhan umumnya dipicu oleh hujan lebat dan diiringi dengan banjir bandang. Pada kondisi alami lereng di daerah ini cukup stabil meskipun di beberapa lokasi lereng mempunyai sudut kemiringan yang sangat besar (curam).

Seperti daerah lain di Indonesia, pembangunan yang pesat menyebabkan beberapa lereng di lokasi ini harus di potong menjadi lebih curam untuk memberi ruang kepada konstruksi jalan atau infrastruktur lainnya. Perubahan kemiringan lereng maupun penambahan beban akibat pembangunan dapat menyebabkan berkurangnya kestabilan lereng. Meskipun secara teoretis dampak pemotongan lereng dan penambahan beban ini terhadap kestabilan lereng telah diperhitungkan, namun beberapa proses yang mengikuti seperti terjadinya peningkatan tekanan air pori yang disebabkan oleh rembesan air hujan dan terjadinya rekahan pada permukaan tanah akibat perubahan iklim serta meningkatnya temperatur pada permukaan tanah dapat menjadi pemicu terjadinya keruntuhan lereng.

Salah satu pemicu terjadinya proses di atas adalah perubahan cuaca. Pada musim hujan, rembesan air ke dalam tanah menyebabkan peningkatan kandungan air dalam tanah, perubahan tekanan air pori dan peningkatan berat isi tanah, serta terjadinya muka air tanah palsu (*perched water table*) pada lapisan pasir atau pada perubahan lapisan tanah. Dalam keadaan ekstrem, hujan dapat menyebabkan naiknya muka air tanah sehingga kekuatan tanah menjadi terganggu (Gofar & Rahardjo, 2017). Pada musim kemarau permukaan tanah (yang awalnya tertutup tanaman, namun akibat pembangunan menjadi terpapar udara panas dari sinar matahari maupun lapisan aspal) akan mengalami rekahan. Air hujan dapat menyusup ke dalam rekahan membuat kondisi lereng menjadi lebih rawan terhadap keruntuhan lereng (Gofar et al., 2006).

Penelitian terdahulu (Gofar & Lee, 2008) menyimpulkan bahwa lereng yang terbentuk oleh pasir akan mengalami keruntuhan akibat hujan dengan intensitas tinggi, sedangkan lereng yang terbentuk oleh tanah lempung mengalami keruntuhan setelah hujan dengan intensitas rendah yang berlangsung cukup lama. Mereka juga menunjukkan bahwa lereng yang terbentuk dari tanah lempung atau lanau memerlukan suatu kondisi awal (kelembaban tanah) yang memicu terjadinya keruntuhan lereng. Rahardjo et al, 2019, berdasarkan hasil observasi terhadap berbagai kejadian tanah runtuh di Singapura, menyatakan bahwa hujan anteseden diperlukan untuk memicu terjadinya kegagalan lereng baik yang terbentuk oleh tanah ke pasiran maupun tanah lempung.

Hubungan antara kelembaban tanah dan kekuatan geser tanah telah dibahas oleh beberapa peneliti. Pada tanah tak jenuh, isapan (*suction*) memberikan kontribusi terhadap

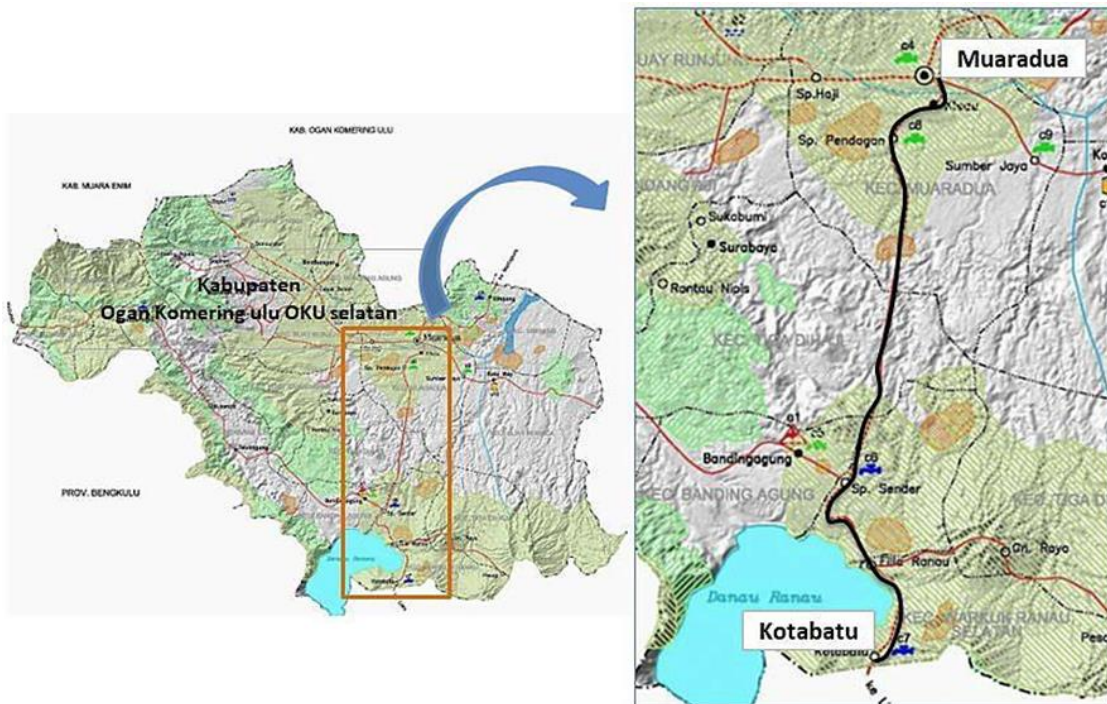
kekuatan geser tanah. bertambah dengan peningkatan isapan (*suction*). Peningkatan kekuatan geser akibat isapan ini telah diteliti oleh beberapa peneliti seperti dirangkum dalam Abdullah et al (2013). Dengan adanya hujan, maka isapan berkurang dan kekuatan geser tanah berkurang. Dengan demikian tanah yang telah memiliki kelembaban awal akan lebih mudah runtuh akibat infiltrasi hujan bila dibandingkan dengan tanah yang berada pada kondisi kering (Gofar et al., 2024).

Salah satu ruas jalan provinsi di OKU Selatan yang sering mengalami keruntuhan lereng adalah jalan Provinsi yang menghubungkan kota Muaradua dan kota Kotabatu. Satu keruntuhan lereng terjadi pada bulan Juli 2022 yaitu di dekat Simpang Sender. Lereng ini telah mengalami pemotongan untuk memberi ruang bagi pembangunan jalan baru di bawah jalan yang ada. Keruntuhan dipicu oleh hujan lebat selama tiga hari pada tanggal 20 hingga 22 Juli 2022. Artikel ini membahas hasil penelitian mengenai kondisi lereng dan penyebab keruntuhan lereng pada lokasi tersebut berdasarkan analisis numerik menggunakan program SLOPE/W dan SEEP/W (Geoslope International, 2018a,b). Selanjutnya artikel ini juga membahas kesesuaian mitigasi/penanganan yang dilakukan setelah terjadinya keruntuhan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan terhadap studi kasus keruntuhan lereng pada koordinat 4°47'43,026"LS; 104°1'5,46"BT yang berada pada ruas jalan provinsi yang menghubungkan kota Muaradua dan kota Kota Batu, kabupaten OKU Selatan, Provinsi Sumatra Selatan (Gambar 1). Keruntuhan terjadi pada akhir bulan Juli 2022 akibat curah hujan yang cukup tinggi pada tanggal 20 - 22 Juli 2024. Kondisi bidang gelincir dapat dilihat pada Gambar 2. Dapat dilihat dari Gambar 2, keruntuhan di mulai dari tengah jalan di atas lereng (*crest*) dan berakhir pada kaki lereng (*toe*). Pengukuran menggunakan alat Teodolit menunjukkan bahwa tinggi lereng yang runtuh adalah 15 m dan kemiringan lereng adalah 70°. Tanah yang runtuh menutupi permukaan jalan baru yang dibuat di bawah lereng mengakibatkan terhambatnya transportasi di antara ke dua kota tersebut. Penanganan lereng segera dilakukan agar tidak mengganggu kelancaran transportasi.

Data geometri, data tanah dan data hujan diperlukan dalam penelitian ini. Data geometri awal didapatkan dari kontraktor pelaksana pemotongan lereng untuk pembangunan jalan baru yang kemudian diperiksa kembali pada saat observasi lapangan. Untuk mendapatkan karakteristik tanah, dilakukan pengambilan sampel tanah (terganggu dan tak terganggu) di lokasi keruntuhan untuk di uji di laboratorium Mekanika Tanah bagi mendapatkan parameter tanah yang diperlukan untuk analisis. Demikian juga data hujan yang memicu terjadinya keruntuhan lereng perlu didapatkan dari stasiun hujan terdekat (data sekunder).



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Kondisi Bidang Gelincir Lereng yang Runtuh

Evaluasi stabilitas lereng dilakukan menggunakan analisis numerik, bertujuan untuk menganalisis geometri dan kondisi permukaan lereng sebelum dan setelah keruntuhan serta menganalisis stabilitas lereng pada kondisi *steady state* menggunakan program SLOPE/W (Geoslope International, 2018a). Analisis *steady state* dilakukan untuk kondisi dengan muka air tanah berada pada posisi tetap (Feriyadi and Gofar, 2022). Selanjutnya mengevaluasi pengaruh curah hujan terhadap kestabilan lereng dengan menggunakan analisis rembesan dengan program SEEP/W (Geoslope International, 2018b) dan analisis kestabilan lereng menggunakan SLOPE/W. Dalam hal ini dilakukan analisis transient dan faktor keamanan dapat dievaluasi pada

waktu yang ditetapkan. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian metode penanganan yang dilakukan setelah terjadinya keruntuhan lereng.

2.1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data sekunder didapatkan untuk mengetahui geometri lereng sebelum dan sesudah keruntuhan lereng, sedangkan observasi lapangan (data primer) dilakukan untuk mengetahui geometri lereng dan bidang gelincir setelah terjadi keruntuhan. Pengukuran tinggi dan kemiringan lereng setelah keruntuhan dilakukan dengan menggunakan Teodolit.

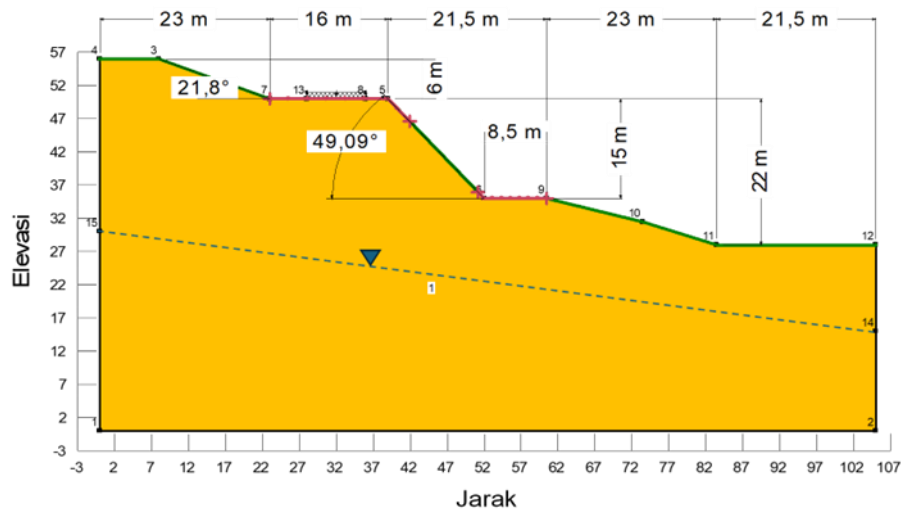
Sampel tanah diambil pada saat observasi lapangan dan di uji di laboratorium Mekanika Tanah. Pengambilan sampel dilakukan untuk mendapatkan karakteristik tanah pembentuk lereng. Pengujian standar dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah mengikuti standar pengujian SNI yang relevan. Sedangkan untuk sifat tanah tak jenuh (yang diperlukan untuk analisis rembesan) di estimasi menggunakan model matematika.

Data hujan selama 1 bulan sebelum terjadinya keruntuhan lereng didapatkan dari STA hujan terdekat (Banding Agung) dan merupakan data sekunder. Jarak stasiun hujan ke lokasi runtuh kurang lebih 100 Km ke arah Banding Agung Ranau, namun merupakan satu satunya STA hujan berdekatan.

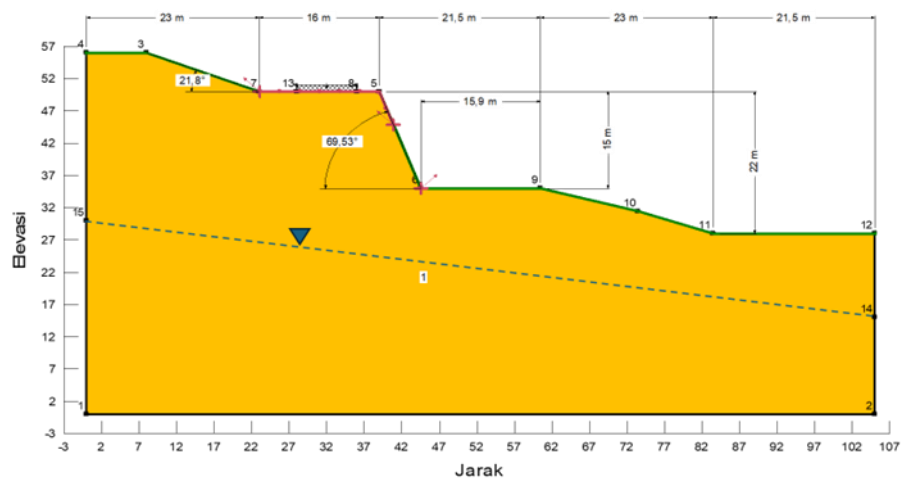
2.2. Pemodelan dan Analisis

Stabilitas lereng sebelum dan setelah pemotongan lereng dianalisis pada kondisi *steady state* menggunakan program SLOPE/W (Geoslope International, 2018a). Gambar 3 memperlihatkan geometri lereng sebelum pemotongan sedangkan Gambar 4 memperlihatkan geometri lereng setelah pemotongan untuk konstruksi jalan. Dalam hal ini lereng dengan sudut kemiringan 50o dipotong menjadi sudut kemiringan 70o untuk mendapatkan ruang bagi pembangunan jalan di bawah lereng. Tinggi lereng tetap 15 m. Beban jalan eksisting maupun jalan baru diperkirakan sebesar 12 kN/m² (Dit. Jend. Bina Marga, 2013). Kriteria stabilitas lereng mengacu kepada SNI 8640-2017 (Badan Standarisasi Nasional, 2017) (Tabel 1).

Selanjutnya pengaruh curah hujan terhadap kestabilan lereng dievaluasi dengan menggunakan analisis rembesan dengan program SEEP/W (Geoslope International, 2018b) dan evaluasi kestabilan lereng menggunakan SLOPE/W (Geoslope International, 2018a). Pengamatan juga dilakukan setelah perbaikan lereng selesai dilakukan yaitu pada bulan Desember 2023. Kesesuaian penanganan yang dilakukan setelah terjadinya keruntuhan lereng dievaluasi berdasarkan pengamatan bidang gelincir dan kondisi keruntuhan dan data tanah.



Gambar 3. Geometri Sebelum Pemotongan Lereng



Gambar 4. Geometri Setelah Pemotongan Lereng

Tabel 1. Kriteria Stabilitas Lereng SNI 8460-2017 (Badan Standarisasi Nasional, 2017)

Biaya dan Konsekuensi dari Kegagalan Lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya Perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,29	1,5
Biaya Perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih

^aTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi lapangan

^bTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

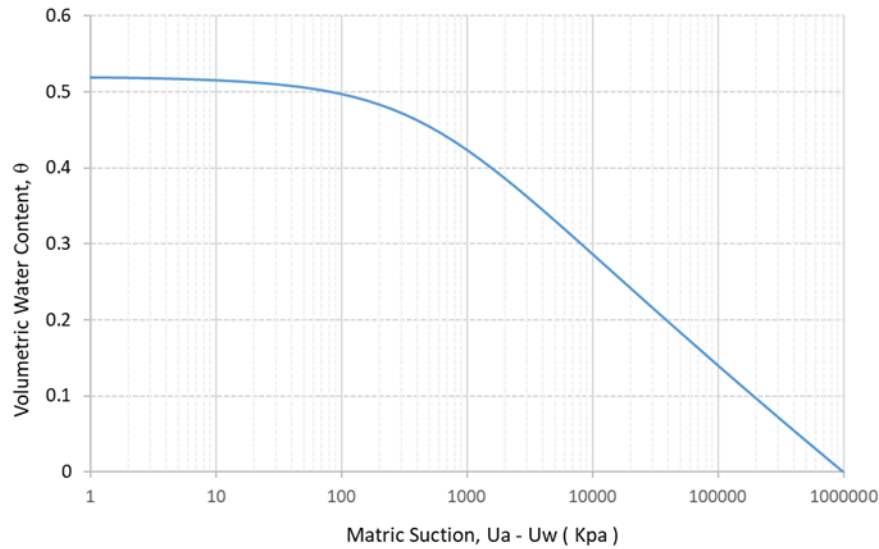
3.1. Data Tanah

Sampel tanah terganggu dan tak terganggu diambil dari lokasi keruntuhan lereng dan diuji di laboratorium Mekanika Tanah dengan mengikuti standar pengujian SNI yang sesuai. Dari hasil pengujian di laboratorium di dapatkan bahwa tanah di lokasi tanah runtuh dapat diklasifikasikan sebagai lempung dengan plastisitas rendah (CL). Kekuatan geser efektif tanah yang didapat dari hasil pengujian *Direct shear* adalah $c' = 15$ kPa dan $\phi' = 28^\circ$. Koefisien permeabilitas tanah jenuh $k_{sat} = 4,5 \cdot 10^{-6}$ m/detik. Secara lengkap hasil pengujian tanah diberikan pada Tabel 2.

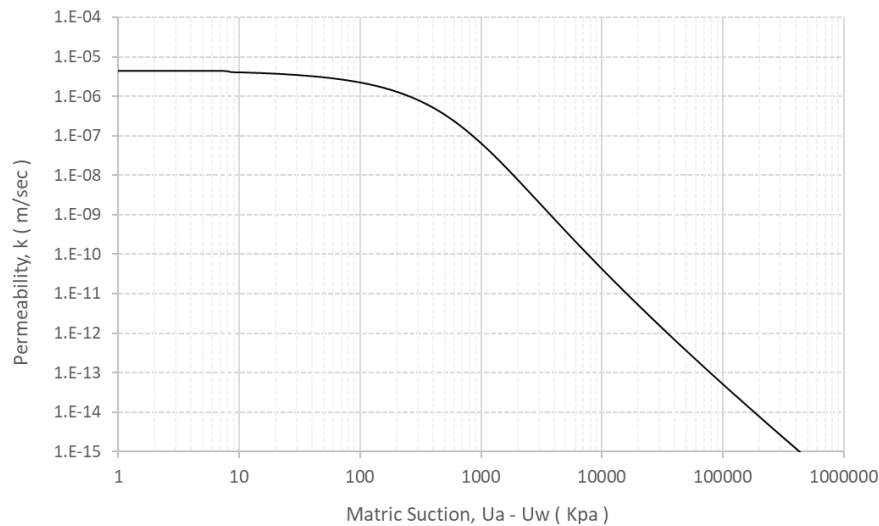
Tabel 2. Hasil Pengujian Tanah Pembentuk Lereng

No.	Parameter	Simbol	Hasil	Satuan	Metode Standar
1	Kadar air	w	39,58	%	SNI 1965-2008
2	Berat jenis	G_s	2,68	-	SNI 1964-2008
3	Berat isi tanah basah	γ_b	1,84	gr/cm ³	SNI 03-3637-1994
	Berat isi tanah Kering	γ_{dry}	1,32	gr/cm ³	
	Porositas	η	0,52	-	dihitung
4	Analisis Saringan				SNI 3423-2008
	% Lempung	< 0.002 mm	55,05	%	
5	Atterberg Limit				SNI 1966-2008
	Batas cair	LL	44,98	%	
	Indeks plastisitas	PI	19,42	%	
6	Klasifikasi Tanah	$USCS$	CL	-	SNI 6371-2015
7	Kuat Geser Langsung				SNI 3420-2016
	Sudut Geser Dalam	ϕ	28,69	°	
	Kohesi	c	0,156	kg/cm ²	
8	Koefisien permeabilitas tanah jenuh (<i>falling head</i>)	k_{sat}	$4,5 \times 10^{-6}$	m/det	SNI 03-6870-2002

Data sifat hidrolis tanah tak jenuh untuk analisis rembesan yaitu *Soil Water Characteristic Curve* (SWCC) dan kurva permeabilitas dalam penelitian ini menggunakan persamaan matematika. Untuk SWCC digunakan persamaan yang disarankan oleh Zapata (1999) as in Perera et al. (2005) berdasarkan distribusi ukuran butiran tanah (persentase lempung) dan Index plastisitas tanah. Persamaan ini cocok untuk tanah lempung dengan plastisitas rendah (Satyanaga et al., 2023). Sedangkan untuk kurva permeabilitas menggunakan persamaan Fredlund and Xing (1994) (Zhai and Rahardjo, 2015). Kurva SWCC dan permeabilitas yang digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Kenaikan kuat geser tanah akibat *suction* menggunakan $\phi^b = 20^\circ$ (Gofar and Rahardjo, 2017).



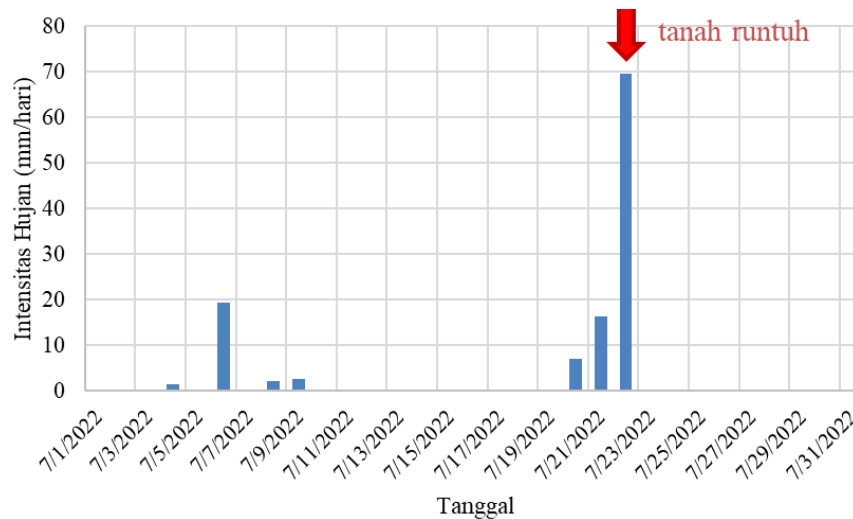
Gambar 5. Kurva Retensi Air Tanah (SWCC)



Gambar 6. Kurva Permeabilitas Tanah

3.2. Data Hujan

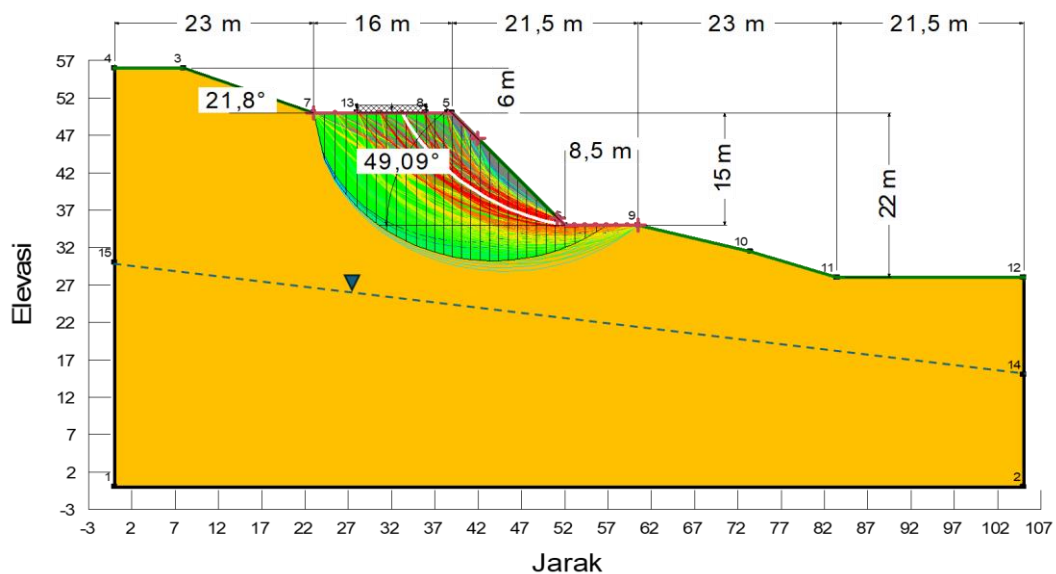
Hujan yang terjadi dalam kurun waktu 1 bulan sebelum terjadinya keruntuhan lereng diberikan pada Gambar 7. Dapat dilihat bahwa keruntuhan terjadi setelah hujan yang sangat lebat pada tanggal 22 Juli 2022 yaitu 70 mm. Curah hujan kumulatif selama 3 hari adalah 94 mm, terjadi setelah tidak ada hujan selama 10 hari. Cuaca yang sangat panas dalam bulan Juli ditambah dengan kondisi badan jalan yang berupa lapisan beton yang panas, dapat memicu terjadinya keretakan pada tanah. Dengan demikian air hujan yang menyusup melalui badan jalan dapat masuk ke dalam rekahan tanah dan memicu terjadinya keruntuhan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



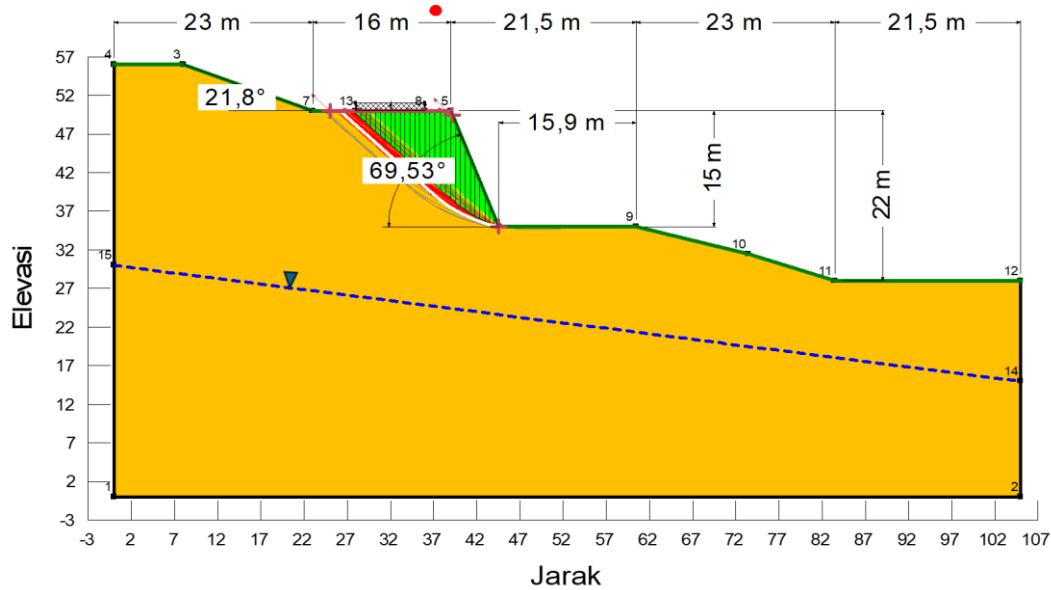
Gambar 7. Data Curah Hujan Bulan Juli 2022

3.3. Analisis Stabilitas Lereng

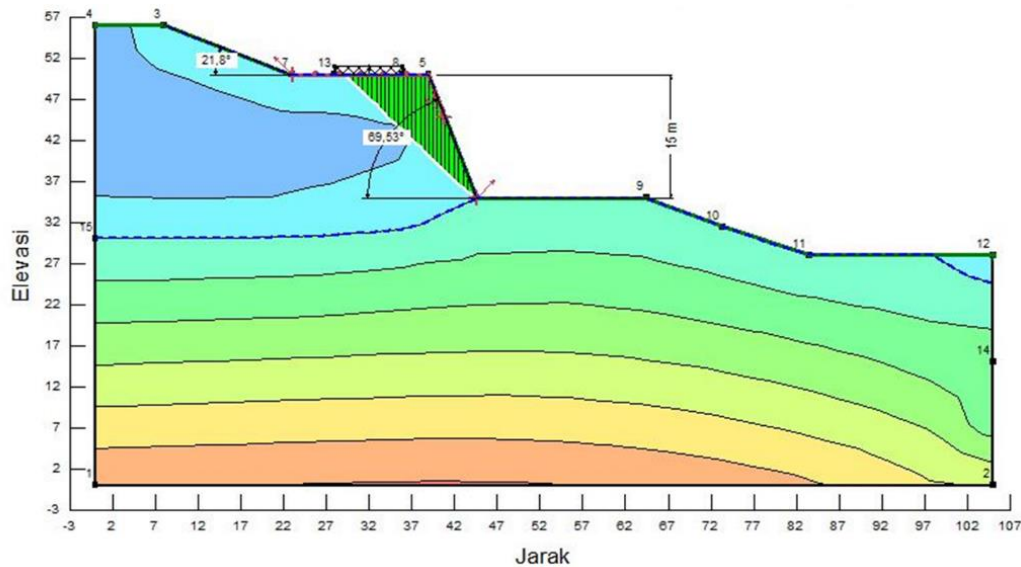
Analisis stabilitas dilakukan untuk tiga kondisi yaitu : (1) kondisi geometri sebelum pemotongan lereng untuk memberi ruang pada konstruksi jalan di bagian bawah (sudut lereng 50o) (Gambar 8), (2) kondisi geometri setelah pemotongan lereng dengan kemiringan 70o (Gambar 9), dan (3) kondisi setelah hujan pada tanggal 20 – 22 Juli 2022 (Gambar 10). Analisis *steady state* menunjukkan bahwa Faktor Keamanan (FK) lereng pada kondisi awal adalah 1,694. Pemotongan lereng menjadi 70o, menurunkan FK menjadi 1,423 atau $< 1,5$. Menurut kriteria SNI 8640 (Tabel 1), kondisi ini cukup kritis karena data tanah yang digunakan dalam analisis bukan merupakan data kelas A (dapat diandalkan). Lereng tetap dalam kondisi stabil sampai terjadinya hujan lebat pada tanggal 22 Juli 2022 dengan terjadi keruntuhan pada tanggal 22 Juli 2022. Dalam hal ini FK turun menjadi 0,973.



Gambar 8. Stabilitas Lereng Sebelum Pemotongan (*Steady State*) FK = 1,694

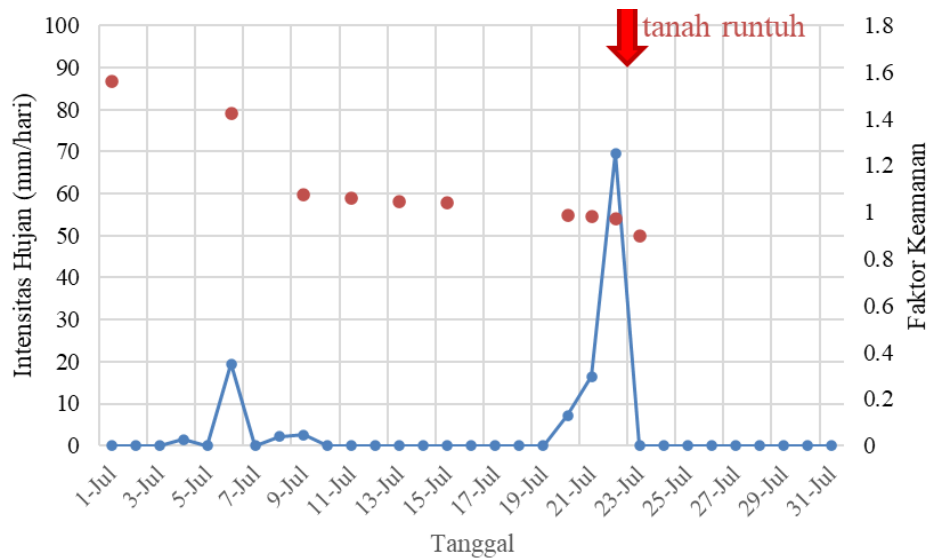


Gambar 9. Stabilitas Lereng Sesudah Pemotongan (*Steady State*) $FK = 1,423$



Gambar 10. Stabilitas Lereng Sesudah Hujan pada Tanggal 20 – 22 Juli 2022 (Analisis *Transient*) $FK = 0,939$

Gambar 11 menunjukkan penurunan FK akibat hujan yang digambarkan dari awal bulan Juli 2022. Dalam analisis, terdapat asumsi bahwa tekanan air pori pada tanggal 1 Juli 2022 adalah pada kondisi hidrostatik sehingga ada perbedaan FK yang di dapat dari analisis *steady state* (SLOPE/W saja) dan analisis transient dengan menggabungkan program SEEP/W dan SLOPE/W. FK yang lebih tinggi (1,563) didapat pada kondisi sebelum hujan (tanggal 1 Juli 2022). FK mulai turun akibat hujan pada tanggal 6 Juli namun tidak mengakibatkan keruntuhan. Kemudian FK turun kembali akibat hujan tanggal 20 – 22 Juli dan mengakibatkan keruntuhan karena air sudah masuk ke dalam rekahan mencapai bidang perlemahan.

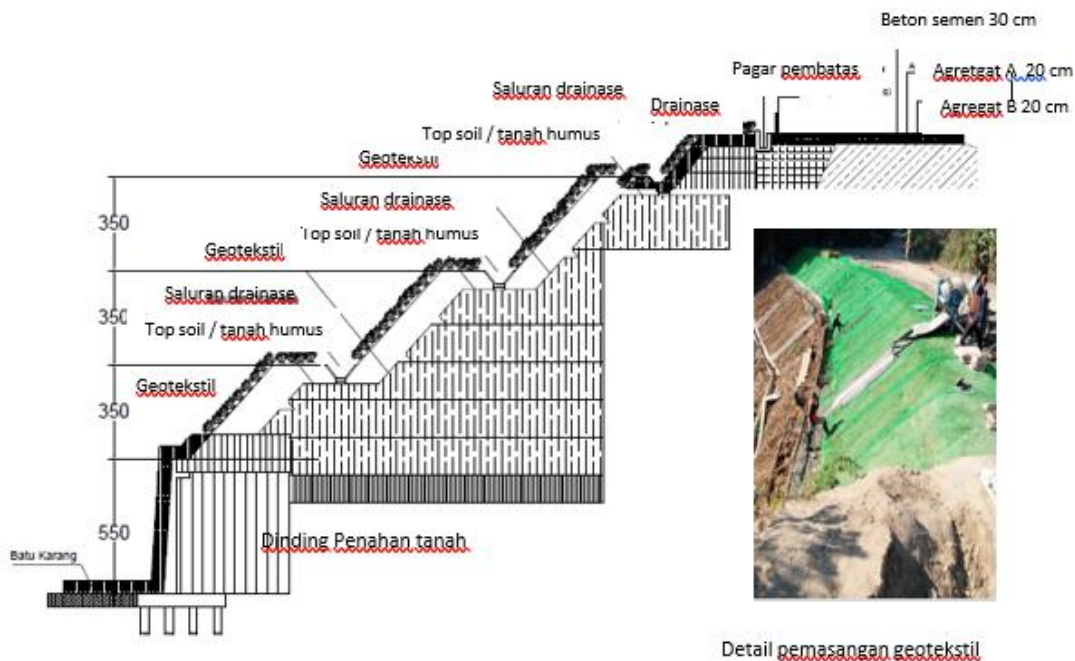


Gambar 11. Variasi Faktor Keamanan dengan Durasi Hujan

3.4. Perbaikan Lereng

Penanganan lereng yang runtuh biasanya dilakukan dalam dua tahap yaitu penanganan sementara dan perbaikan permanen. Penanganan sementara dilakukan untuk mengurangi dampak keruntuhan lereng misalnya pengalihan lalu lintas, mengisolasi daerah terdampak longsor dan penutupan lereng untuk mencegah terjadinya longsor susulan. Perbaikan permanen yaitu stabilisasi lereng dilakukan setelah dilakukan analisis kondisi longsor yaitu kondisi lereng, jenis tanah yang membentuk lereng, tingkat urgensi, dan biaya (Sutejo and Gofar, 2015). Dalam hal ini, stabilisasi lereng dilakukan setahun setelah kejadian longsor yaitu bulan Juli sampai Desember 2023. Metode perbaikan yang dipilih adalah kombinasi beberapa metode yaitu a) perkuatan kaki lereng (dinding penahan tanah), b) lereng bertingkat, c) drainase permukaan pada setiap tingkatan lereng dan d) penutup *geotextile* sementara menunggu vegetasi menjadi efektif.

Berdasarkan bidang gelincir yang diamati (Gambar 2), maka dapat disimpulkan bahwa bidang gelincir dimulai dari rekahan pada badan jalan di puncak lereng (*crest*) dan menjalar ke bawah sampai kaki lereng (*toe*). Bidang gelincir ini tipikal untuk lereng dengan sudut lereng $> 53^\circ$ dan merupakan sudut batas pada kurva Taylor (Nugraha & Sutanto, 2019). Oleh karena itu perkuatan kaki lereng merupakan pilihan yang tepat untuk menghentikan kemungkinan longsor di masa depan. Karena kondisi lereng yang cukup tinggi, maka perlu juga di buat lereng bertingkat untuk meningkatkan stabilitas lereng. Pada setiap tingkatan di buat drainase permukaan untuk mengalirkan air dari permukaan. Vegetasi digunakan sebagai penutup lereng untuk mengurangi infiltrasi hujan di masa mendatang. Namun karena efektivitas vegetasi dalam melindungi lereng memerlukan waktu yang lama, maka digunakan *geotextile* sebagai penutup sementara menunggu tanaman berfungsi. Gambar 12 memperlihatkan skematis perbaikan tanah yang dilakukan..



Gambar 12. Sket Perbaikan Lereng yang Dilakukan (Sumber: Konsultan Perencana)

4. SIMPULAN

Dari analisis yang dilakukan terhadap keruntuhan lereng di koordinat lokasi $4^{\circ}47'43,026''\text{LS}$; $104^{\circ}1'5,46''\text{BT}$ pada tanggal 23 Juli 2022, dapat disimpulkan :

1. Pemotongan lereng untuk memberi ruang pada pembangunan jalan baru (dari sudut 50° menjadi 70° , tinggi lereng sama) menurunkan stabilitas lereng menjadi kritis yaitu faktor keamanan sedikit di bawah 1,5, namun tidak menyebabkan keruntuhan.
2. Curah hujan yang terjadi pada tanggal 20 – 22 Juli memicu keruntuhan lereng. Curah hujan pada saat keruntuhan adalah 70mm/hari atau 94mm/3 hari.
3. Tanah di lokasi keruntuhan adalah Lempung dengan plastisitas rendah (CL) sehingga kelembaban awal memiliki peranan dalam proses terjadinya keruntuhan. Kelembaban awal dipicu oleh adanya hujan pada tanggal 3 – 9 Juli 2022.
4. Berdasarkan kondisi keruntuhan, penanganan yang dilakukan cukup sesuai yaitu dengan perkuatan di kaki lereng, pembuatan drainase di setiap tingkatan lereng, dan menutup permukaan lereng.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Bina Darma atas akses penggunaan *software* berlisensi serta *Reviewer* dan Editor yang telah membantu menyempurnakan manuskrip ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, NHH. Gofar, N. Rahman, NAA. Roslan, S.M. (2013). *Empirical Correlation for Estimation of Unsaturated Soil Shear Strength*, Proceedings of IEEE, BEIAC 2013, Pulau Langkawi, Malaysia, 7-9 April 2013, p. 690 – 694
- Badan Standarisasi Nasional (2017) Persyaratan Perancangan Geoteknik SNI 8640-2017
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2013) Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013
- Ferryadi, A. & Gofar, N. (2022). *Effect of Changing Free Water Level on the Stability of River Embankment*. Jurnal Teknik Sipil Maranatha 18(1):33-50
<https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.3933>
- Geoslope International Ltd. 2018a. *Slope Stability Analysis with SLOPE/W*. Calgary, Canada.
- Geoslope International Ltd. 2018b. *Seepage Modelling with SEEP/W*. Calgary, Canada.
- Gofar, N. Pangestika, E.N., Harianto, Y., Gumay, H., Satyanaga, A. (2024). *Effect of Near-Surface Heterogeneities on the Pore-water Pressure Distribution and Slope Stability*. SINERGI 8(2) August. 0.22441/sinergi.2024.2.012
- Gofar, N., & Rahardjo, H. (2017). *Saturated and Unsaturated Stability Analysis of Slope Subjected to Rainfall Infiltration*. MATEC Web of Conferences 101, 05004-SICEST2016. Bangka, Indonesia 8-9 November 2016.
- Gofar, N. Lee M.L. (2008). *Extreme Rainfall Characteristics for Surface Slope Stability in the Malaysian Peninsular*. GEORISK: Assessment & Management Risk for Engineering Systems & Geohazards. 2 (2) 65-78. <https://doi.org/10.1080/1799510802072991>
- Gofar, N. Lee M.L. and Asof, M. (2006). *Transient Seepage and Slope Stability Analysis for Rainfall-Induced Landslide: A Case Study*. Malaysian Journal of Civil Engineering. 18(1) 1-13.
- Nugraha, A.S & Sutanto, A.K. (2019) Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng terhadap Angka Stabilitas Lereng Tanah Kohesif Berdasarkan Kurva Taylor dan Software GEO5. Jurnal Teknik Sipil Maranatha 15(2): 87-99
- Perera, Y. Y., Zapata, C. E., Houston, W. N., & Houston, S. L. (2005). Prediction of the Soil-Water Characteristic Curve Based on Grain-Size-Distribution and Index Properties. Paper presented at the Geo-Frontiers Congress.
- Rahardjo, H., Nistor, M.M., Gofar, N., Satyanaga, A., Qin, X., & Yee. SIC. (2019). *Spatial Distribution, Variation and Trend of Five-Day Antecedent Rainfall in Singapore*, GEORISK: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 14(3):177 - 191 <https://doi.org/10.1080/17499518.2019.1639196>
- Satyanaga, A., Mohammad, A.S., Ibrahim, A.B., Wijaya, M., Moon, S.W., Kim, J. (2023). *Direct and Indirect Methods in Determination of Water Retention Curve of Residual Soils. Smart Geotechnics for Smart Societies*. CRC Press. p. 3040
<https://doi.org/10.1201/9781003299127>
- Sutejo, Y. & Gofar, N. (2015). *Effect of Area Development on the Stability of Cut Slopes*, Procedia Engineering 125:331-337
- Zhai, Q. and Rahardjo, H. (2015), *Estimation of Permeability Function from The Soil-Water Characteristic Curve*, Engineering Geology, 199, 148-156.
<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.11.001>