

Perbandingan perkuatan lereng dengan pengaturan kemiringan dan dinding kantilever di Desa Wargasari Kabupaten Cianjur

Rahesa Ariano Putra¹, Anisa Nur Amalina^{1,*}

¹Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Cantilever retaining wall
PLAXIS 2D
Rainfall
Safety factor
Slope adjustment
Slope stability

Corresponding Author:

Anisa Nur Amalina
anisa.amalina@uii.ac.id

Abstract

Wargasari Village in Cianjur Regency is classified as a landslide-prone area due to steep topography, unfavorable soil properties, and high rainfall intensity. Prolonged rainfall can raise the groundwater level, resulting in a reduction of soil shear strength and a decrease in the slope safety factor. This study aims to assess soil characteristics and the stability of the existing slope, analyze the impact of rainfall on slope stability, and compare the effectiveness of mitigation measures, including slope geometry modification and reinforcement using a cantilever retaining wall. The research methodology applies a combination of numerical and analytical approaches, where slope stability is evaluated using PLAXIS 2D V21 through a finite element-based numerical model, complemented by manual calculations employing the Fellenius and Rankine methods. Analyses were carried out under dry conditions, wet conditions with the groundwater level at 1 m below the ground surface as the worst-case scenario due to rainfall, and by considering seismic loading. Soil parameters were obtained from laboratory test results and field data. The results indicate that the existing slope has a safety factor of $SF < 1.5$, which does not meet the minimum slope stability requirements according to SNI 8460:2017. Modifying the slope geometry to 1V:1.5H and 1V:2H increases the safety factor; however, the values remain below the acceptable criteria. Reinforcement using a cantilever retaining wall provides the most effective results, with safety factor values of 1.633 under wet conditions and 1.11 under seismic loading, while also satisfying all external stability requirements against sliding, overturning, and bearing capacity failure. Based on these findings, reinforcement using a cantilever retaining wall is recommended as the most optimal solution to improve slope stability in Wargasari Village.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Longsor merupakan salah satu permasalahan geoteknik yang umum terjadi pada wilayah dengan kemiringan lereng yang curam dan tingkat curah hujan yang tinggi. Hujan dengan intensitas dan durasi yang besar dapat memicu proses infiltrasi air ke dalam massa tanah sehingga tekanan air pori meningkat dan muka air tanah mengalami kenaikan. Kondisi ini menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah yang selanjutnya berdampak pada penurunan nilai faktor keamanan lereng, sehingga potensi terjadinya longsor menjadi lebih besar.

Kabupaten Cianjur termasuk wilayah dengan tingkat kerawanan longsor yang tinggi. Salah satu daerah yang terdampak adalah Desa Wargasari, di mana kejadian longsor dipicu oleh curah hujan tinggi yang mengakibatkan kerusakan pada permukiman dan infrastruktur. Lereng di lokasi tersebut memiliki kemiringan yang relatif curam dengan kondisi tanah yang kurang stabil, sehingga diperlukan analisis teknis untuk menentukan metode penanganan yang tepat

dan efektif. Lokasi longsor Desa Wargasari dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Lokasi longsor desa wargasari

Berbagai penelitian terkait stabilitas lereng telah dilakukan dengan menggunakan pendekatan analisis manual maupun numerik. Sebagian besar penelitian terdahulu masih menitikberatkan pada evaluasi kondisi lereng eksisting atau penerapan satu jenis metode perkuatan secara terpisah. Penelitian yang secara komprehensif membandingkan kinerja pengaturan geometri lereng dan perkuatan menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan memasukkan pengaruh kenaikan muka air tanah akibat curah hujan relatif masih terbatas, terutama pada lereng di kawasan rawan longsor seperti Desa Wargasari.

Perkembangan metode analisis numerik mendorong pemanfaatan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga, seperti PLAXIS 2D, yang memungkinkan evaluasi stabilitas lereng dilakukan secara lebih menyeluruh dengan mempertimbangkan aspek geometri lereng, karakteristik tanah, pengaruh beban gempa, serta kondisi muka air tanah. Kombinasi analisis numerik dan perhitungan manual diharapkan dapat memberikan hasil evaluasi yang lebih akurat terhadap kondisi kestabilan lereng.

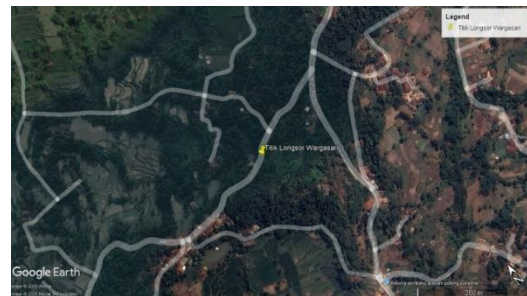
Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini disusun dengan tujuan untuk mengidentifikasi klasifikasi tanah serta mengevaluasi *safety factor* pada kondisi lereng eksisting, mengetahui nilai *safety factor* akibat kenaikan muka air tanah serta membandingkan efektivitas metode pengaturan kemiringan

lereng dan perkuatan menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis penanganan lereng yang optimal serta menjadi referensi dalam upaya mitigasi longsor pada daerah dengan karakteristik serupa.

Metode Penelitian

Lokasi dan data penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada lereng di Desa Wargasari, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, yang termasuk wilayah rawan longsor. Data penelitian terdiri atas data primer berupa pengamatan kondisi lereng dan pengambilan sampel tanah di lapangan, serta data sekunder berupa data topografi, curah hujan, dan hasil pengujian laboratorium tanah untuk penentuan parameter sifat fisik dan mekanik tanah. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Lokasi penelitian desa wargasari

Alur penelitian

Alur penelitian diawali dengan studi literatur terkait stabilitas lereng dan metode penanganannya, kemudian dilanjutkan dengan observasi lapangan dan pengambilan sampel tanah di Desa Wargasari, Kabupaten Cianjur. Data penelitian terdiri atas data primer berupa hasil pengujian laboratorium tanah, termasuk uji sifat fisik dan uji triaxial, serta data sekunder berupa peta topografi, peta geologi, dan data curah hujan. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng eksisting melalui perhitungan manual metode Fellenius dan analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D V21.

Nilai faktor keamanan yang diperoleh dievaluasi berdasarkan ketentuan SNI

8460:2017. Apabila hasil analisis belum memenuhi persyaratan, dilakukan simulasi perkuatan menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever dan Pengaturan Kemiringan. Analisis diulang hingga diperoleh nilai faktor keamanan yang memenuhi standar.

Analisis dan Pembahasan

Data hasil laboratorium

Data primer diperoleh dari pengujian laboratorium tanah yang meliputi uji sifat

fisik, analisis saringan, dan batas-batas konsistensi menggunakan *disturbed sample*. Selain itu, pengujian triaxial dilakukan pada sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) untuk memperoleh parameter kekuatan geser tanah. Hasil pengujian laboratorium dapat disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian laboratorium

Parameter Uji	Satuan	Wargasari DS 1	
Kadar air (<i>Natural Water Content, w</i>)	%	24,23	
Berat Jenis Tanah (<i>Specific Gravity of Soil, G_s</i>)		2,660	
Berat volume tanah kering (<i>dry dencity, g_d</i>)	gr/cm ³	1,535	
Berat volume tanah basah (<i>wet dencity, g_b</i>)	gr/cm ³	1,907	
Angka Pori (<i>Void ratio, e</i>)		0,733	
Porositas	%	42,284	
Derajat kejenuhan (<i>degree of Saturated,S</i>)	%	0,88	
Kandungan Krikil (<i>Gravel part</i>)	%	0,00	
Kandungan Pasir (<i>Sand part</i>)	%	6,66	
Kandungan Lanau (<i>Silt part</i>)	%	87,51	
Kandungan Lempung (<i>Clay part</i>)	%	5,83	
D10 (mm)	mm	0,05	
D30 (mm)	mm	0,05	
D60 (mm)	mm	0,30	
Koefisien keseragaman, Cu		6,12	
Koefisien gradasi, Cc		0,19	
Passing #200	%	47,72	
Batas cair (<i>liquid limit, LL</i>)	%	53,70	
Batas plastis (<i>plastic limit, PL</i>)	%	28,08	
Indek plastis (<i>plasticity index, PI</i>)	%	25,62	
Batas Susut (<i>Srinkage limit, SL</i>)	%	0,39	
Parameter Uji	Satuan	Wargasari UDS 1	Wargasari UDS 2
Sudut Geser Dalam, ϕ	°	23,45	11,75
Kohesi, c, kg/cm ²	kg/cm ²	0,17	0,42

Jenis tanah termasuk lempung anorganik dengan plastisitas tinggi (*Clay – High Plasticity*) berdasarkan klasifikasi tabel USCS yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

Divisi/Unit	Simbol Kategori	Nama Jenis	Nama Jenis	
Tanah liat lempung (CL, CH, MH, OH) Batas-batas Atterberg: $U > 0.75$ dan $0.25 < e < 0.75$	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir kerikil, sedikit plastisitas, mengembang, tidak berair	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{30}} < 4$, $C_c = \frac{d_{40} - d_{20}}{d_{30} - d_{20}} < 1$ dan $1 < d_{60} < 2$	
	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir kerikil, sedikit plastisitas, mengembang, tidak berair	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	GM	Kerikil berair, campuran pasir lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis $U = 0.75$	
	GC	Kerikil berair, campuran pasir lempung	Batas-batas Atterberg di atas garis $U = 0.75$	
	SW	Pasir gradasi baik, pasir berair, sedikit atau tidak mengembang, tidak berair	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{30}} < 4$, $C_c = \frac{d_{40} - d_{20}}{d_{30} - d_{20}} < 1$ dan $1 < d_{60} < 2$	
	SP	Pasir gradasi buruk, pasir berair, sedikit atau tidak mengembang, tidak berair	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	SM	Pasir berair, campuran pasir lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis $U = 0.75$	
	SC	Pasir berair, campuran pasir lempung	Batas-batas Atterberg di atas garis $U = 0.75$	
	Tanah liat lempung (CL, CH, MH, OH) Batas-batas Atterberg: $U > 0.75$ dan $0.25 < e < 0.75$	ML	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah	
ML		Lempung tak organik dengan plastisitas rendah		
CL		Lempung tak organik dengan plastisitas rendah		

Diagram klasifikasi tanah liat lempung berdasarkan Batas-batas Atterberg (U) dan Rasio Plastisitas (P).

Menurut standar kadar organik tinggi

Garber (1947) dan Terzaghi dan Kowden (1954)

Gambar 3 Sistem klasifikasi USCS

Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah pada lokasi penelitian termasuk ke dalam kelompok A-7-6 dengan nilai *group index* (GI) sebesar 8, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Sistem klasifikasi AASHTO

$$GI = (F-35) [0.2 + 0.005(LL-40)] + 0.01 (F-15) (PI-10)$$

$$GI = (47,72-35) [0.2 + 0.005(53,08-40)] + 0.01 (47,72-15) (25,02-10)$$

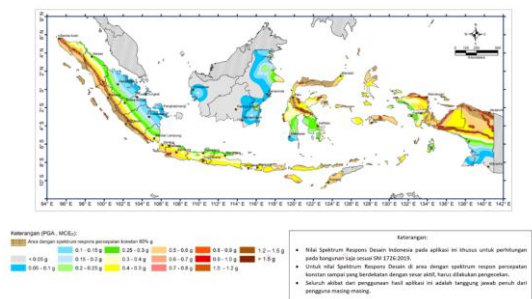
$$= 8,29$$

Tabel 5.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Uraian	Material Gravel (< 75 lebih banyak dari 30%)							Material Gravel (< 75 lebih banyak dari 20%)			
	A-1	A-1.5	A-2	A-2.5	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-7.5	A-8
Analisis saringan (% lebih)											
2.0 mm (No. 10)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4.75 mm (No. 40)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7.5 mm (No. 20)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14.75 mm (No. 10)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Fraksi Pasir (% lebih dari 40)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 60)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 80)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 100)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 200)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 425)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 750)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1500)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 6000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 12500)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 25000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 50000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 100000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 6400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 12800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 25600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 51200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 102400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 204800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 409600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 819200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1638400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3276800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 6553600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 13107200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 26214400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 52428800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 104857600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 209715200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 419430400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 838860800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1677721600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3355443200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 6710886400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 13421772800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 26843545600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 53687091200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 107374182400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 214748364800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 429496729600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 858993459200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1717986918400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3435973836800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 6871947673600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 13743895347200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 27487790694400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 54975581388800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 109951162777600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 219902325555200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 439804651110400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 879609302220800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1759218604441600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3518437208883200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 7036874417766400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 14073748835532800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 28147497671065600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 56294995342131200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 112589990684262400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 225179981368524800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 450359962737049600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 900719925474099200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1801439850948198400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3602879701896396800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 7205759403792793600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 14411518807585587200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 28823037615171174400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 57646075230342348800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 115292150460684697600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 230584300921369395200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 461168601842738790400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 922337203685477580800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1844674407370955161600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3689348814741910323200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 7378697629483820646400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 14757395258967641292800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 29514790517935282585600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 59029581035870565171200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 118059162071741130342400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 236118324143482260684800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 472236648286964521369600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 944473296573929042739200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1888946593147858085478400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3777893186295716170956800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 7555786372591432341913600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 15111572745182864683827200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 30223145490365729367654400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 60446290980731458735308800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 120892581961462917470617600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 241785163922925834941235200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 483570327845851669882470400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 967140655691703339764940800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1934281311383406679529881600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3868562622766813359059763200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 7737125245533626718119526400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 15474250491067253436239052800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 30948500982134506872478105600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 61897001964269013744956211200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 123794003928538027489912422400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 247588007857076054979824844800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 495176015714152109959649689600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 990352031428304219919299379200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 1980704062856608439838598758400000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 3961408125713216879677197516800000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 7922816251426433759354395033600000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fraksi Pasir (% lebih dari 15845632502852867518708790067200000)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

Data beban gempa

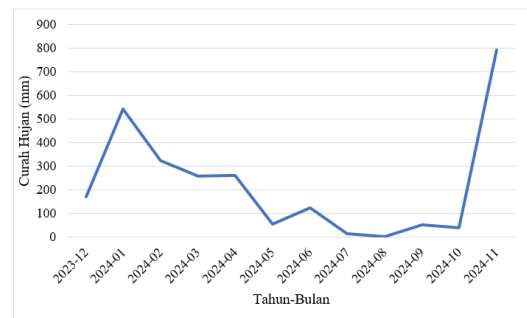
Pengaruh beban gempa dimasukkan dalam analisis mengingat lokasi penelitian berada pada kawasan dengan tingkat kerawanan gempa yang tinggi, yaitu Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Nilai percepatan gempa mengacu pada SNI 1726:2012 dengan kisaran percepatan sebesar 0,5–0,6 g, sesuai dengan zonasi seismik Indonesia yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Peta zonasi gempa Indonesia PGA (Sumber: SNI 1726:2012)

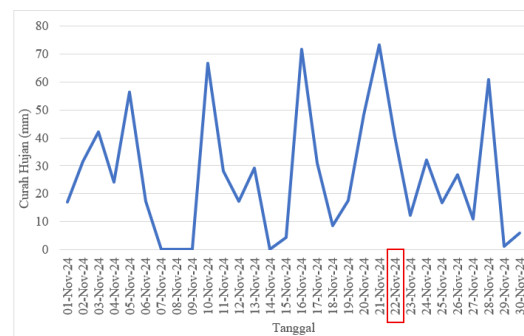
Data curah hujan

Data curah hujan diperoleh dari *JAXA Global Rainfall Watch* berbasis satelit melalui proyek *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP). Data ini digunakan untuk menganalisis curah hujan harian di Desa Wargasari, Kabupaten Cianjur, khususnya menjelang kejadian longsor 22 November 2024. Data curah hujan yang dianalisis mencakup periode November 2023 hingga November 2024 dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.



Gambar 5 Data curah hujan 1 tahun (2023-2024) (Sumber: *JAXA Global Rainfall Watch*)

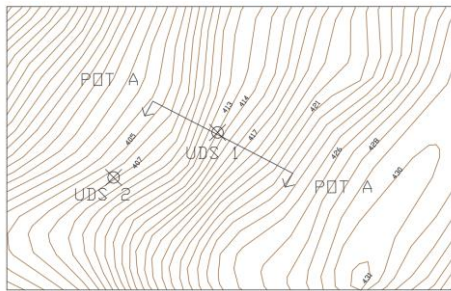
Pada bulan November 2024 terjadi peningkatan curah hujan yang sangat signifikan daripada bulan-bulan sebelumnya. Berdasarkan grafik, curah hujan pada periode tersebut merupakan yang tertinggi dalam satu tahun pengamatan (November 2023–November 2024) dengan akumulasi mendekati 800 mm. Rincian curah hujan harian bulan November 2024 disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Curah hujan Bulan November 2024 (Sumber: *JAXA Global Rainfall Watch*)

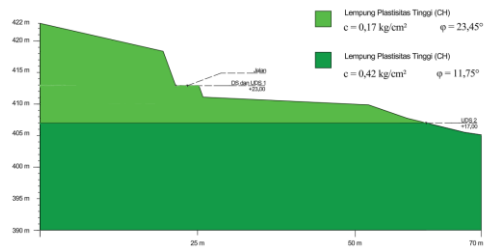
Data topografi

Data topografi dimanfaatkan untuk merepresentasikan kondisi elevasi dan kemiringan lereng pada lokasi penelitian, yang diperoleh dari Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) dan diolah menggunakan perangkat lunak *Global Mapper* untuk menghasilkan model kontur. Peta kontur lokasi longsor di Desa Wargasari ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Peta kontur Desa Wargasari

Untuk menggambarkan kondisi kemiringan dan elevasi lereng, dilakukan analisis potongan melintang (*cross section*) menggunakan fitur *Path Profile* pada perangkat lunak *Global Mapper*. Analisis ini menghasilkan profil elevasi terhadap jarak horizontal sepanjang lereng. Hasil *cross section* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Cross section potongan A

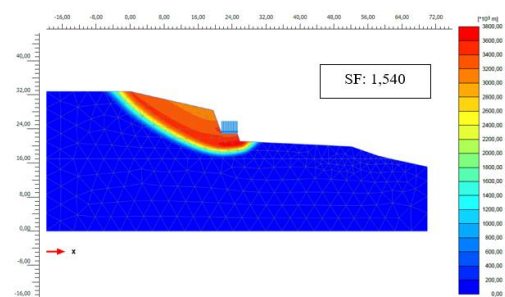
Analisis lereng eksisting

Analisis stabilitas global lereng eksisting dilakukan untuk menentukan tingkat kestabilan lereng alami sebelum perkuatan. Lereng dianalisis pada kondisi kering dan kondisi dengan muka air tanah (MAT) 1 m di bawah permukaan lereng. Selanjutnya, pengaruh beban gempa dianalisis pada kondisi muka air tanah tersebut untuk mengetahui perubahan nilai faktor keamanan akibat kombinasi kenaikan muka air tanah dan gaya

dinamis gempa. Seluruh analisis menggunakan cara numerik menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D V21.

1. Kondisi kering

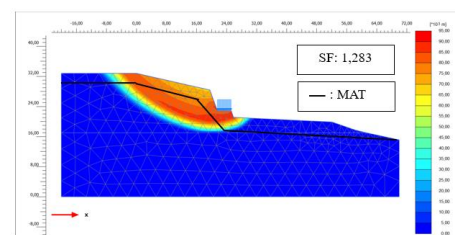
Analisis stabilitas lereng pada kondisi kering dilakukan untuk merepresentasikan kondisi tanpa pengaruh air tanah dan curah hujan. Hasil analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D V21 menunjukkan nilai faktor keamanan sebesar 1,540, yang mengindikasikan lereng kondisi aman ($SF > 1,5$). Stabilitas global eksisting kondisi kering ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Stabilitas global eksisting kondisi kering

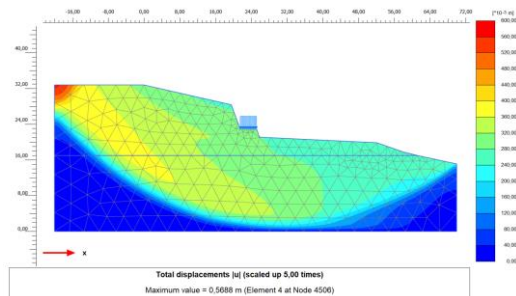
2. Kondisi basah

Analisis stabilitas lereng pada kondisi basah dilakukan dengan menetapkan muka air tanah berada 1 m di bawah permukaan lereng sebagai representasi pengaruh curah hujan tinggi. Hasil analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D V21 tanpa mempertimbangkan beban gempa menunjukkan *safety factor* sebesar 1,283, yang mengindikasikan lereng berada dalam kondisi tidak aman ($SF < 1,5$). Kondisi stabilitas global lereng pada kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 10.



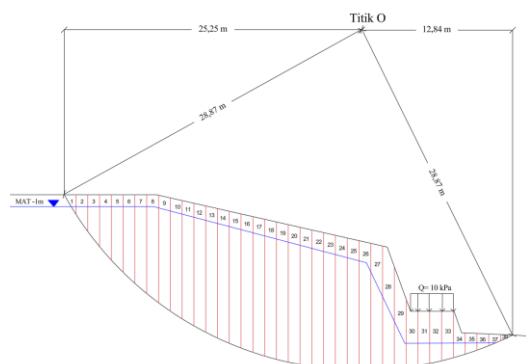
Gambar 10 Stabilitas global eksisting kondisi basah

Selanjutnya dilakukan analisis dengan memperhitungkan beban gempa untuk mengevaluasi stabilitas lereng eksisting pada kondisi terburuk akibat kombinasi pengaruh gempa dan muka air tanah. Hasil analisis numerik menunjukkan bahwa lereng mengalami kondisi runtuh dengan nilai faktor keamanan di bawah 1, disertai deformasi maksimum sebesar 0,5688 m pada area rawan longsor. Distribusi perpindahan total akibat beban gempa ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Total displacement dengan beban gempa

Perhitungan manual stabilitas lereng eksisting dilakukan dengan metode Fellenius dengan asumsi muka air tanah berada 1 m di bawah permukaan lereng. Bidang gelincir dibagi menjadi 38 irisan dengan lebar masing-masing 1 m dan panjang total bidang gelincir sebesar 38,02 m. Sudut setiap irisan ditentukan berdasarkan hubungan geometris antara titik berat irisan dan pusat lingkaran gelincir. Pemodelan lereng menggunakan metode Fellenius ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Permodelan lereng eksisting metode fellenius

Nilai *safety factor* lereng tersebut dapat dihitung dengan Pers. (1).

$$SF = \frac{\sum (cl + (W \cos \alpha - ul) \tan \phi)}{\sum W \sin \alpha} \quad (1)$$

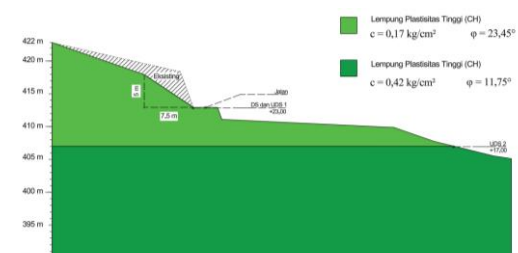
Hasil perhitungan stabilitas lereng eksisting dengan metode Fellenius pada kondisi muka air tanah berada 1 m di bawah permukaan menghasilkan *safety factor* sebesar 1,267. Nilai tersebut belum memenuhi kriteria stabilitas yang dipersyaratkan, yaitu faktor keamanan minimum sebesar 1,5.

Analisis lereng dengan pengaturan kemiringan

Pengaturan kemiringan lereng merupakan salah satu metode rekayasa geoteknik untuk meningkatkan stabilitas dengan membuat lereng lebih landai. Pada penelitian ini dilakukan dua variasi pengaturan kemiringan, yaitu 1V:1,5H dan 1V:2H, untuk mengevaluasi peningkatan nilai faktor keamanan lereng.

Analisis lereng dengan pengaturan kemiringan 1V:1,5H

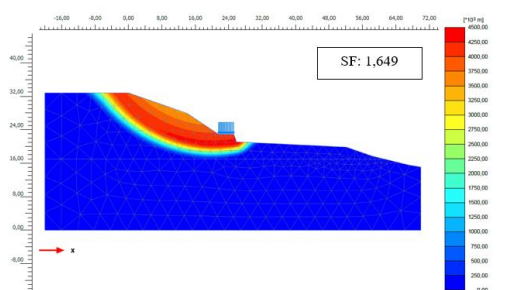
Pengaturan kemiringan lereng difokuskan pada area terdampak longsor di bagian lereng atas jalan dengan mengubah geometri menjadi 1V:1,5H. Lereng memiliki tinggi 5 m dan panjang alas 7,5 m dengan sudut kemiringan sekitar 34°. Analisis dilakukan pada kondisi kering serta pada kondisi dengan muka air tanah ditetapkan berada 1 m di bawah permukaan lereng, serta dilanjutkan dengan analisis beban gempa pada kondisi tersebut untuk mengevaluasi perubahan nilai faktor keamanan akibat kombinasi pengaruh air tanah dan gaya dinamis. Berikut merupakan desain pengaturan kemiringan lereng yang disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13 Desain pengaturan kemiringan 1V:1,5H

1. Kondisi kering

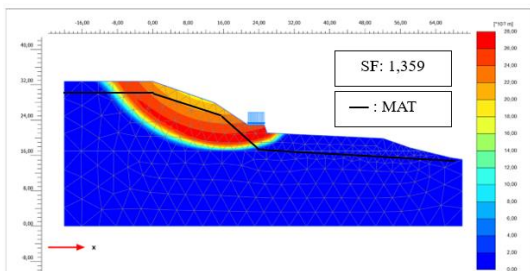
Analisis stabilitas lereng dengan pengaturan kemiringan 1V:1,5H pada kondisi kering dilakukan untuk menggambarkan kondisi tanpa pengaruh air tanah dan curah hujan. Hasil analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D V21 menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1,649, yang mengindikasikan lereng berada dalam kondisi aman ($SF > 1,5$). Kondisi stabilitas global lereng pada kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Stabilitas global kemiringan 1V: 1,5H kondisi kering

2. Kondisi basah

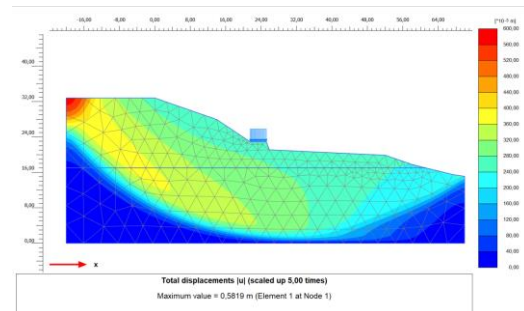
Hasil analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D V21 menunjukkan bahwa lereng dengan pengaturan kemiringan 1V:1,5H pada kondisi basah memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,359, yang belum memenuhi kriteria stabilitas minimum sebesar 1,5. Kondisi stabilitas global lereng pada kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Stabilitas global kemiringan 1V:1,5H kondisi basah

Setelah analisis tanpa beban gempa, dilakukan analisis dengan memperhitungkan pengaruh beban gempa. Hasil analisis menunjukkan bahwa lereng mengalami kondisi runtuh

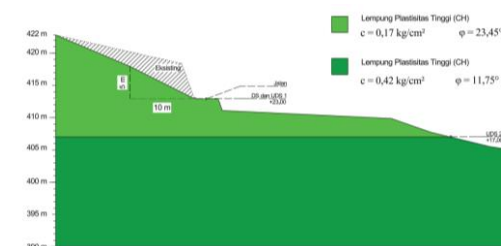
dengan nilai faktor keamanan di bawah 1, disertai deformasi maksimum sebesar 0,5819 m pada area rawan longsor. Distribusi perpindahan total akibat beban gempa ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Total displacemet kemiringan 1V:1,5H dengan beban gempa

Analisis lereng dengan pengaturan kemiringan 1V:2H

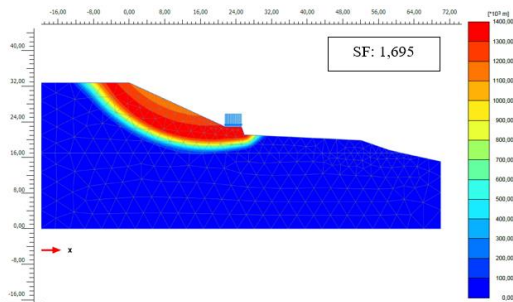
Perbaikan geometri kedua dilakukan dengan mengatur kemiringan lereng menjadi 1V:2H, sehingga lereng memiliki tinggi 5 m, panjang alas 10 m, dan sudut kemiringan sekitar 27° . Desain pengaturan kemiringan lereng tersebut ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Desain pengaturan kemiringan 1V:2H

1. Kondisi kering

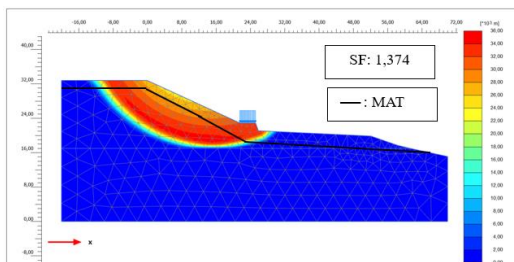
Hasil analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D V21 menunjukkan bahwa lereng dengan pengaturan kemiringan 1V:2H pada kondisi kering memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,695, sehingga lereng berada dalam kondisi aman dan telah memenuhi kriteria stabilitas minimum sebesar 1,5. Kondisi stabilitas global lereng tersebut ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18 Stabilitas global kemiringan 1V: 2H kondisi kering

2. Kondisi basah

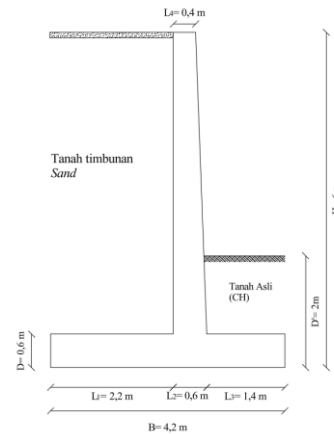
Hasil analisis numerik menggunakan PLAXIS 2D V21 menunjukkan bahwa lereng dengan pengaturan kemiringan 1V:2H pada kondisi basah memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,374. Nilai menunjukkan peningkatan dibandingkan pengaturan kemiringan 1V:1,5H, namun masih belum memenuhi kriteria stabilitas minimum sebesar 1,5. Kondisi stabilitas global lereng pada kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19 Stabilitas global kemiringan 1V:2 H kondisi basah

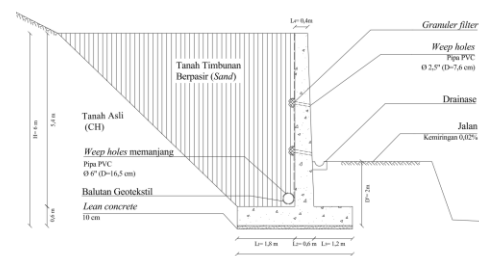
Analisis lereng dengan DPT kantilever

Analisis perkuatan lereng dilakukan menggunakan dinding penahan tanah (DPT) tipe kantilever untuk meningkatkan stabilitas lereng pada area rawan longsor. DPT direncanakan untuk menahan tanah setinggi 6 m dengan dimensi yang mengacu pada ketentuan SNI 8460:2017. Rencana dimensi DPT kantilever disajikan pada Gambar 20.



Gambar 20 Dimensi rencana DPT kantilever

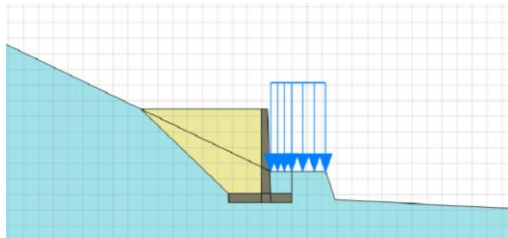
Perkuatan lereng dilakukan dengan menerapkan dinding penahan tanah tipe kantilever yang dilengkapi sistem drainase guna menurunkan tekanan air pori akibat curah hujan di belakang dinding. Zona drainase menggunakan timbunan berpasir dengan permeabilitas tinggi, dilengkapi *weepholes* horizontal berupa pipa PVC berdiameter 2,5 inci dan *weepholes* memanjang berupa pipa PVC berdiameter 6 inci yang dibalut geotekstil untuk mencegah penyumbatan. Dinding didirikan di atas lapisan *lean concrete* setebal 10 cm sebagai lantai kerja. Air yang keluar dialirkan menuju sistem drainase jalan dengan kemiringan 0,02%. Sistem perkuatan dan drainase ini berfungsi menurunkan tekanan air pori dan tekanan lateral tanah sehingga meningkatkan stabilitas lereng. Gambar kerja DPT kantilever ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21 Gambar kerja dinding penahan tanah kantilever

Dalam pemodelan ini, muka air tanah ditetapkan berada 1 m di bawah dasar dinding sebagai dampak penerapan sistem drainase

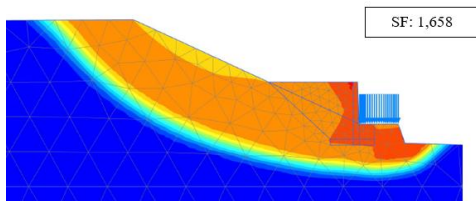
yang berfungsi menurunkan tekanan air pori. Pemodelan dinding penahan tanah tipe kantilever pada PLAXIS 2D V21 ditunjukkan pada Gambar 22.



Gambar 22 Permodelan DPT kantilever pada program PLAXIS 2D V21

1. Kondisi kering

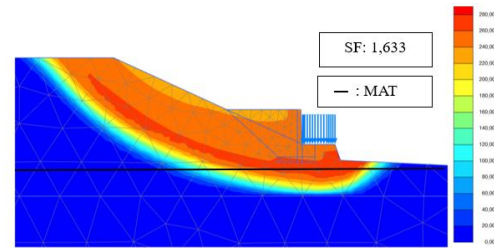
Hasil pemodelan dinding penahan tanah tipe kantilever pada kondisi kering menunjukkan *safety factor* sebesar 1,658, yang mengindikasikan lereng berada dalam kondisi aman ($SF > 1,5$). Kondisi stabilitas global lereng pada kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 23 Stabilitas global DPT kantilever kondisi Kering

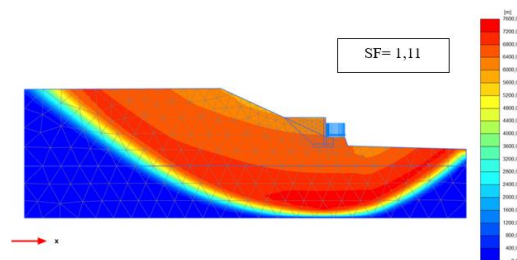
2. Kondisi basah

Hasil analisis menunjukkan bahwa perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever pada kondisi basah menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1,633, yang telah memenuhi kriteria stabilitas minimum sebesar 1,5. Pada analisis ini, muka air tanah ditetapkan 1 m di bawah dasar dinding akibat penerapan sistem drainase. Kondisi stabilitas global ditunjukkan pada Gambar 24.



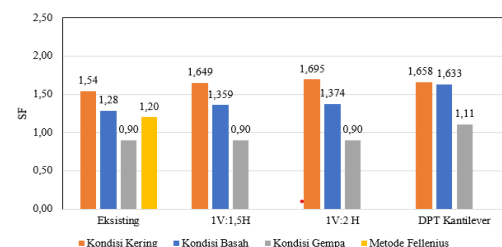
Gambar 24 Stabilitas global DPT kantilever kondisi basah

Hasil analisis dengan mempertimbangkan beban gempa menunjukkan nilai faktor keamanan sebesar 1,11, yang telah memenuhi kriteria stabilitas minimum terhadap pengaruh gempa. Dengan demikian, lereng dinyatakan stabil setelah diberikan perkuatan berupa dinding penahan tanah tipe kantilever. Hasil pemodelan faktor keamanan dengan beban gempa ditunjukkan pada Gambar 25.



Gambar 25 *Safety factor* DPT kantilever dengan beban gempa

Perkuatan DPT Kantilever menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengaturan kemiringan lereng. Ringkasan nilai faktor keamanan global untuk kondisi eksisting, pengaturan kemiringan, dan perkuatan dinding penahan tanah disajikan pada Gambar 26.



Gambar 26 Ringkasan perbandingan *safety factor*

Grafik menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan (SF) meningkat setelah dilakukan pengaturan kemiringan lereng dan perkuatan

menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever dibandingkan kondisi eksisting. Kondisi kering menghasilkan nilai SF tertinggi, sedangkan kondisi basah dan gempa menurunkan stabilitas lereng. Perkuatan dinding kantilever memberikan nilai SF paling besar dan paling konsisten pada berbagai kondisi, sehingga dinilai sebagai metode penanganan yang paling efektif.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Lereng di Desa Wargasari tersusun oleh tanah lempung berplastisitas tinggi (CH) yang sensitif terhadap peningkatan kadar air. Hasil analisis menunjukkan bahwa lereng eksisting stabil pada kondisi kering, namun menjadi tidak aman pada kondisi basah dan gempa akibat penurunan nilai faktor keamanan. Pengaturan kemiringan lereng hingga 1V:1,5H dan 1V:2H belum mampu memenuhi kriteria stabilitas minimum. Perkuatan menggunakan dinding penahan tanah tipe kantilever memberikan hasil terbaik dengan nilai faktor keamanan sebesar 1,633 pada kondisi basah dan 1,11 pada kondisi gempa, sehingga dinyatakan sebagai alternatif paling efektif untuk meningkatkan stabilitas lereng di lokasi penelitian.

Saran

Untuk meningkatkan akurasi analisis stabilitas lereng pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian N-SPT demi mendapatkan stratigrafi tanah yang lebih detail serta pemetaan topografi presisi tinggi menggunakan Total Station atau GNSS RTK. Selain itu, pemantauan muka air tanah secara aktual melalui pemasangan piezometer sangat diperlukan untuk memvalidasi kondisi hidrologi lapangan secara lebih presisi. Dari aspek teknis dan ekonomi, penggunaan DPT Kantilever menjadi rekomendasi utama dibandingkan modifikasi kemiringan lereng, mengingat metode ini lebih efisien dalam penggunaan ruang dan biaya pelaksanaan, serta terbukti paling efektif dalam mempertahankan nilai faktor keamanan (SF) yang optimal pada berbagai kondisi.

Daftar Pustaka

- ASTM. (1972). *Standard method for particle-size analysis of soils (ASTM D421-72)*. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8460:2017 perancangan geoteknik*. Jakarta: BSN.
- Bowles, J. E. (1977). *Foundation analysis and design*. New York, NY: McGraw-Hill.
- CNN Indonesia. (2024, November 26). *Tanah bergerak di Cianjur, 35 rumah rusak, 90 orang mengungsi*. Retrieved from <https://www.cnnindonesia.com/nasional/2024126095524-20-1170662/tanah-bergerak-di-cianjur-35-rumah-rusak-90-orang-mengungsi>
- Damara, A., Nugroho, A., & Putra, R. (2023). Analisis stabilitas lereng pada proyek jalan Tawang–Ngalang menggunakan dinding kantilever. *Jurnal Geoteknik Terapan*, 5(2), 45–54.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2018). *Principles of geotechnical engineering* (9th ed.). Boston, MA: Cengage Learning.
- Darwis, M. (2018). *Geoteknik untuk stabilitas lereng dan dinding penahan tanah*. Yogyakarta: UII Press.
- Effendi, M. (2022). *Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah beton bertulang kantilever (Studi kasus: Proyek Jembatan Kenet, Bantul)* [Undergraduate thesis]. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Hardiyatmo, H. C. (1998). *Stabilitas lereng alami dan buatan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2002a). *Analisis dan perancangan fondasi bagian I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2002b). *Mekanika tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2017). *Mekanika tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hastuty, R. (2020). *Analysis of slope stability by the planning of cantilever retaining wall reinforcement using PLAXIS (Case study: Substation Panyabungan)* [Master's thesis]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Martini, S. (2005). Pengaruh curah hujan terhadap potensi longsor di lereng. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(1), 45–52.
- Muchtaranda, A., Siregar, R., & Nugroho, T. (2023). Pengaruh curah hujan terhadap stabilitas lereng dan muka air tanah. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(4), 134–143.
- Pratama, R. (2021). *Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah berjenjang tipe concrete cantilever menggunakan program PLAXIS 8.6 (Studi kasus di Pasaman, Sumatera*

- Barat) [Undergraduate thesis]. Padang: Universitas Andalas.
- Ridwan, F., & Yusa, M. (2019). *Penerapan metode elemen hingga pada konstruksi geoteknik*. Jakarta: Penerbit Geoteknik Indonesia.
- Sudarmanto, S. (1996). *Dinding penahan tanah dan perencanaan teknisnya*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Terzaghi, K. (1948). *Theoretical soil mechanics*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Ulfaida, N., Rahman, F., & Hidayat, A. (2024). Analisis stabilitas lereng dengan variasi kemiringan menggunakan PLAXIS 3D. *Jurnal Geoteknik Indonesia*, 13(1), 1–12.
- Virgo, B., Maulana, I., & Saputra, Y. (2018). Kohesi dan sudut geser dalam pada tanah lempung. *Jurnal Mekanika Tanah*, 4(2), 99–110.