



BENTANG

Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Stabilitas Tanah Timbunan Sisi BH-1 Proyek Jalan Akses Pembangunan Jembatan Pulau Balang II

(Juandra Hartono, Umi Khoiroh, Muh Saleh)

Perbandingan Tebal Perkerasan Menggunakan Nilai CBR Laboratorium dan CBR Lapangan (DCP)(JLS Jarit-Puger)

(Alvina Praha Laili, Akhmad Hasanuddin, Luthfi Amri Wicaksono)

Analisis Hidrologi untuk Perencanaan Sistem Polder di DKI Jakarta

(Segel Ginting)

Estimasi Model Hidrolika Menggunakan HEC-RAS 1-D dan Tren Prediksi Strategi Mitigasi Banjir

(Rian Mantasa Salve Prastica, Asvira Ditya Siswanto)

Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Universitas Jember Menuju Kampus

(Alfin Kristyanto, Akhmad Hasanuddin, Paksitya Purnama Putra)

Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geoframe di Jalan Raya Dampit-Lumajang

(Lafriidha Alyazahari, Luthfi Amri Wicaksono, Dwi Nurtantoo)

Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Beton Geopolimer

(Indrayani, Ika Sulianti, Lina Flaviana Tilik, Djaka Suhirkam, Suhadi, Muhammad Prawira Wardana, Iros Milawati)

Analisa Perilaku Pushover pada Pengujian Balok Beton Bertulang

(Sudarno P Tampubolon)

Pola Pergerakan Orang di Masa Pandemi dengan Pendekatan Eksploratif di Wilayah Kepulauan Bangka Belitung

(Desy Yofianti, Revy Safitri)

Universitas Islam "45" Bekasi

BENTANG	Vol. 10	No. 1	Halaman 1 - 96	Bekasi Januari 2022	p-ISSN 2302 - 5891 e-ISSN 2579 - 3187
---------	---------	-------	-------------------	---------------------------	--

BENTANG : Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil is theoretical and applied Civil Engineering journal for scientific publication issued twice in every volume (**January** and **July**). First published in January 2013, already indexed by Google Scholar, GARUDA, BASE, and SINTA. BENTANG : Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil is the journal open access.

<http://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/bentang>

BENTANG : Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil p-ISSN: 2302-5891, e-ISSN: 2579-3187 is a peer-reviewed, scientific journal published by Universitas Islam 45 Bekasi.

FOCUS & SCOPE:

1. Structural Engineering
2. Construction Engineering & Management
3. Geotechnical Engineering
4. Transportation Engineering
5. Water Resources Engineering

Terakreditasi SINTA 4

Kemenristek-BRIN Republik Indonesia SK Nomor 85/M/KPT/2020, tanggal 01 April 2020



Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Sipil – Fakultas Teknik
Gedung “F” Fakultas Teknik It.II
Universitas Islam “45” Bekasi
Jl. Cut Meutia no. 83 Bekasi
Telp: 021- 88344436
<http://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/bentang>

EDITORIAL TEAM

Editor In Chief:

Anita Setyowati Srie Gunarti (Universitas Islam 45)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56532535400>

Editorial Board:

Aulia Isramaulana (Universitas Lambung Mangkurat)

GS ID: <https://scholar.google.com/citations?user=TOE53hEAAAAJ&hl=en&oi=ao>

Irawati (Universitas Muhammadiyah Jember)

GS ID: https://scholar.google.com/citations?user=2_rkod0AAAAJ&hl=en&oi=ao

Vega Aditama (Institut Teknologi Nasional Malang)

GS ID: <https://scholar.google.com/citations?user=jv-pTasAAAAJ&hl=en&oi=ao>

Wahyu Heny K Sapardi (Universitas Jayabaya)

GS ID: <https://scholar.google.com/citations?user=pNHLvwQAAAAJ&hl=en>

Doddy Maulana (Politeknik Negeri Malang)

GS ID: <https://scholar.google.com/citations?user=-HIUR4IAAAAAJ&hl=id>

Lydia Darmiyanti (Universitas Krisnadwipayana)

GS ID: <https://scholar.google.co.id/citations?user=G7rtW6UAAAAJ&hl=id>

Telly Rosdiyani (Universitas Banten Jaya)

GS ID: <https://scholar.google.co.id/citations?user=HAVYaa0AAAAJ&hl=id>

Galih Damar Pandulu (Universitas Tribhuwana Tunggaladewi)

GS ID: https://scholar.google.com/citations?user=_eAavwYAAAAJ&hl=en&oi=ao

Srikirana Meidiani (Universitas IBA Palembang)

SINTA ID: <http://sinta2.ristekdikti.go.id/authors/detail?id=5991014&view=overview>

Elma Yulius (Universitas Islam 45)

GS ID: <https://scholar.google.co.id/citations?user=nH0JRvAAAAAJ&hl=id>

Eko Darma (Universitas Islam 45)

GS ID: <https://scholar.google.co.id/citations?user=yjf8yGUAAAAJ&hl=en>

Sri Nuryati (Universitas Islam 45)

GS ID: <https://scholar.google.co.id/citations?user=2ogUmeoAAAAJ&hl=id>

REVIEWER

Andriani (Universitas Andalas)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57196318755>

Wayan Sri Kristinayanti (Politeknik Negeri Bali)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201200310>

Indrayani (Politeknik Negeri Sriwijaya)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197846790>

Dwi Novi Wulansari (Universitas Pendidikan Indonesia)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57203172350>

Aazokhi Waruwu (Institut Teknologi Medan)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191692642>

Anas Puri (Universitas Islam Riau)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193131754>

M. Ikhsan Setiawan (Universitas Narotama)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57202307496>

I Gusti Agung Istri Mas Pertiwi (Politeknik Negeri Bali)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57212409239>

Revy Safitri (Universitas Bangka Belitung)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57212458123>

Desiana Vidayanti (Universitas Mercubuana)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57192931177>

Herlawati (Universitas Bhayangkara Jakarta Raya)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55613443500>

Irwan Raharja (Universitas Bina Sarana Informatika)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57211396480>

Rahmadya Trias Handayanto (Universitas Islam 45)

SCOPUS ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55014574400>

EDITORIAL

Alhamdulillah puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan kesehatan hingga dapat merampungkan proses publikasi **BENTANG : Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil** Volume 10 Nomor 1 Januari 2022 ini. Tulisan pada edisi kali ini terdiri dari 9 judul yang meliputi beberapa ruang lingkup, yaitu Geoteknik, Transportasi, Struktur, dan Manajemen Konstruksi. Semoga publikasi pada edisi kali ini dapat berguna bagi pembaca, dan menambah referensi bagi peneliti maupun pustakawan.

Redaksi



BENTANG : Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Volume 10 Nomor 1, Januari 2022

e-ISSN 2579-3187

p-ISSN 2302-5891

DAFTAR ISI	Halaman
Stabilitas Tanah Timbunan Sisi BH-1 Proyek Jalan Akses Pembangunan Jembatan Pulau Balang II <i>(Juandra Hartono, Umi Khoiroh, Muh Saleh)</i>	1-10
Perbandingan Tebal Perkerasan Menggunakan Nilai CBR Laboratorium dan CBR Lapangan (DCP)(JLS Jarit-Puger) <i>(Alvina Praha Laili, Akhmad Hasanuddin, Luthfi Amri Wicaksono)</i>	11-28
Analisis Hidrologi untuk Perencanaan Sistem Polder di DKI Jakarta <i>(Segel Ginting)</i>	29-38
Estimasi Model Hidrolika Menggunakan HEC-RAS 1-D dan Tren Prediksi Strategi Mitigasi Banjir <i>(Rian Mantasa Salve Prastica, Asvira Ditya Siswanto)</i>	39-48
Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Universitas Jember Menuju Kampus <i>(Alfin Kristyanto, Akhmad Hasanuddin, Paksitya Purnama Putra)</i>	49-58
Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geoframe di Jalan Raya Dampit-Lumajang <i>(Lafridha Alyzahari, Luthfi Amri Wicaksono, Dwi Nurtantoo)</i>	59-68
Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Beton Geopolimer <i>(Indrayani, Ika Sulianti, Lina Flaviana Tilik, Djaka Suhirkam, Suhadi, Muhammad Prawira Wardana, Iros Milawati)</i>	69-76
Analisa Perilaku Pushover pada Pengujian Balok Beton Bertulang <i>(Sudarno P Tampubolon)</i>	77-88
Pola Pergerakan Orang di Masa Pandemi dengan Pendekatan Eksploratif di Wilayah Kepulauan Bangka Belitung <i>(Desy Yofianti, Revy Safitri)</i>	89-96

Halaman ini sengaja dikosongkan



Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan *Geoframe* di Jalan Raya Dampit-Lumajang

Lafridha Alyazahari^{1,*}, Luthfi Amri Wicaksono², Dwi Nurtanto²

¹Program Studi S1 Teknik Sipil; Universitas Jember; Jl. Kalimantan 37, Jember, Indonesia; e-mail: lafridhaa77@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil; Universitas Jember; Jl. Kalimantan 37, Jember, Indonesia

* Korespondensi: e-mail: lafridhaa77@gmail.com

ABSTRAK

Tanah longsor merupakan gerakan massa tanah atau batuan penyusun yang menuruni lereng akibat terganggunya kestabilan tanah. Salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan tanah adalah musim hujan seperti yang terjadi di Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang. Alternatif yang digunakan untuk menstabilkan lereng yaitu dengan melakukan perubahan geometri lereng, kemudian menambahkan perkuatan *geoframe*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan (SF) lereng tanpa perkuatan, setelah dilakukan perubahan geometri lereng, dan setelah diberi perkuatan *geoframe*. Metode yang digunakan dalam menganalisis stabilitas lereng yaitu metode *Ordinary/Fellenius*. Hasil perhitungan stabilitas lereng tanpa perkuatan dengan *software Rocscience Slide* didapatkan SF sebesar 0,719, sedangkan dengan perhitungan manual didapatkan SF sebesar 0,7191. Kedua nilai faktor keamanan tersebut kurang dari 1,25 yang berarti sering terjadi longsor. Hasil perhitungan stabilitas lereng setelah dilakukan perubahan geometri lereng didapatkan SF sebesar 0,828 dimana nilai tersebut kurang dari 1,25 yang berarti sering terjadi longsor. Lereng yang sudah diubah geometrinya ditambahkan perkuatan *geoframe*. Hasil perhitungan stabilitas lereng menggunakan perkuatan *geoframe* didapatkan SF sebesar 1,315 dimana nilai tersebut lebih dari 1,25 yang berarti jarang terjadi longsor atau lereng dalam kondisi aman.

Kata kunci: lereng; *geoframe*; stabilitas; faktor keamanan

ABSTRACT

A Landslide is the movement of soil mass or rock constituents down the slope due to disturbance of soil stability. One of the factors that affect soil stability is the rainy season as happened in Sumberwuluh Village, Candipuro District, Lumajang Regency. The alternative used to stabilize the slope is by changing the slope geometry, then adding geoframe reinforcement. This study aims to determine the value of the factor of safety (SF) of unreinforced slopes, after changing the slope geometry, and after being given geoframe reinforcement. The method used in analyzing slope stability is the Ordinary/Fellenius method. The results of the calculation of slope stability without reinforcement using the Rocscience Slide software obtained a SF of 0.719, while the manual calculation obtained a SF of 0.7191. The two values of the safety factor are less than 1.25, which means that landslides often occur. The results of the calculation of slope stability after changing the geometry of the slopes obtained a SF of 0.828 where the value is less than 1.25 which means that landslides often occur. The slopes that have been changed geometry are added with geoframe reinforcement. The results of the calculation of slope stability using geoframe reinforcement obtained a SF of 1.315 where the value is more than 1.25 which means that landslides are rare or slope in a safe condition.

Keywords: slope; *geoframe*; stability, safety factor

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor gerakan massa tanah atau batuan penyusun yang menuruni lereng akibat terganggunya kestabilan tanah (Skempton & Hutchinson, 1969). Salah satu yang mempengaruhi kestabilan tanah yaitu musim hujan dan kemarau. Tanah longsor yang terjadi di Desa

Received: July, 29, 2021 ; Revised: November, 28, 2021 ; Accepted: December, 21, 2021 ; Available Online: January, 07, 2022

Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang disebabkan oleh hujan deras hingga memutus akses jalan (*lumajangsatu.com*, 2020). Dapat dilihat pada Gambar 1, kondisi jalan sudah diperbaiki setelah terjadi kelongsoran, sedangkan lereng belum diberi perkuatan.



Gambar 1. Kondisi eksisting lereng

Tanah dapat ditingkatkan stabilitasnya dengan alternatif yang paling sederhana yaitu dengan melakukan pemotongan lereng. Pemotongan ini bertujuan untuk menentukan tinggi dan kemiringan yang ekonomis dengan memperhatikan pertimbangan-pertimbangan tertentu agar melindungi lereng dalam jangka waktu panjang (Abramson et al., 2002). Stabilitas lereng yang dipotong jangka panjang berpengaruh pada kekuatan lereng yang berkurang seiring waktu. Dengan demikian, diperlukan alternatif lain untuk meningkatkan stabilitas lereng yaitu dengan menambah perkuatan *geoframe*.

Penelitian sebelumnya direncanakan menggunakan *soil nailing*. Menurut Kusuma et al., dalam Ibrahim (2015) perkuatan menggunakan *soil nailing* membutuhkan penyedia jasa kontraktor yang berpengalaman dan kurang cocok untuk lapisan tanah yang keras dan dalam. Oleh karena itu, direncanakan perkuatan lereng menggunakan *geoframe* yang mana dalam kajiannya memiliki keunggulan yaitu keefisienan dalam biaya dan metode pekerjaannya.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai faktor keamanan (SF) lereng tanpa perkuatan atau sebelum diberi perkuatan, nilai faktor keamanan setelah dilakukan perubahan geometri lereng, dan nilai faktor keamanan setelah diberi perkuatan *geoframe*.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Jl. Raya Dampit-Lumajang, Desa Sumberwuluh, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur, Indonesia. Lokasi ini tepatnya terletak pada KM 57+900.

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah geometri lereng meliputi kemiringan sebesar 65° dan tinggi lereng 32 meter. Data sekunder berupa data *bore log* dan hasil uji laboratorium. Adapun data sekunder yang digunakan adalah:

berat isi (γ) : 17,8089 kN/m³
kohesi (C) : 25,1050 kPa
sudut geser (ϕ) : 23,4°

Faktor Keamanan Lereng

Faktor keamanan lereng adalah perbandingan gaya penahan terhadap gaya penggerak. Nilai faktor keamanan pada Tabel 1 digunakan sebagai acuan untuk mengetahui potensi tanah longsor berdasarkan intensitasnya.

Tabel 1 Nilai Faktor Keamanan Lereng

Nilai Faktor Keamanan	Intensitas Kejadian Longsor
SF < 1,07	Sering terjadi longsor (tidak stabil)
1,07 < SF < 1,25	Pernah terjadi longsor (kritis)
SF > 1,25	Jarang terjadi longsor (stabil)

Sumber: Bowles, 1989

Metode Analisis Stabilitas Lereng

Metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng yaitu metode *Limit Equilibrium*. Metode tersebut menggunakan prinsip kesetimbangan gaya dengan mengasumsikan bidang longsor yang terjadi. Menurut Liong & Herman (2012) bidang longsor memiliki dua asumsi. Asumsi pertama kelongsoran berbentuk lingkaran (*circular*), sedangkan asumsi kedua kelongsoran berbentuk planar (*non-circular*). Metode *Limit Equilibrium* juga disebut sebagai metode irisan. Hal ini dikarenakan metode tersebut dihitung dengan cara membagi tanah pada bidang longsor menjadi beberapa irisan.

Metode *Limit Equilibrium* dikembangkan oleh beberapa ahli salah satunya Fellenius pada tahun 1927. Metode fellenius mengasumsikan kelongsoran lereng berbentuk lingkaran (*circular*), gaya-gaya yang bekerja berada di tengah irisan, serta resultan gaya-gaya antar irisan sama dengan nol atau diabaikan (Pangemanan et al., 2014).

Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng yaitu metode *Ordinary/Fellenius* dengan konsep kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium*). Perhitungan stabilitas lereng dilakukan menggunakan program bantu *Rocscience Slide* dan secara manual. Analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan digunakan untuk mengetahui faktor keamanan (SF) dan zona kritis longsor. Langkah-langkah dalam analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan yaitu:

- Memodelkan bentuk lereng berdasarkan kondisi *existing* pada *software Rocscience Slide*.
- Memasukkan parameter tanah yang dibutuhkan.
- Melakukan tahap perhitungan dan analisis.
- Menampilkan zona kritis longsor dan nilai faktor keamanan.
- Membagi zona kritis longsor menjadi beberapa irisan.
- Menghitung berat, gaya normal, panjang dasar irisan, dan gaya dorong secara manual.
- Menghitung faktor keamanan yang mengacu pada Bowles (1989).

Pengubahan Geometri Lereng

Terdapat dua alternatif pengubahan geometri lereng yaitu pemotongan dan penimbunan. Bagian lereng yang dipotong menyesuaikan daerah keruntuhan lereng atau bidang longsornya. Keuntungan dari pemotongan lereng yaitu untuk mengurangi tegangan. Berikut ini langkah-langkah analisisnya menggunakan *software Rocscience Slide*.

- Mengubah bentuk lereng.
- Melakukan *trial and error* pada geometri lereng untuk menentukan bidang longsor.
- Melakukan tahap analisis dan perhitungan.
- Menampilkan keluaran berupa nilai faktor keamanan yang mengacu pada Bowles (1989).
- Jika nilai faktor keamanan belum tercapai, maka dilakukan perencanaan perkuatan lereng menggunakan *geoframe*.
- Menampilkan zona kritis longsor yang mana digunakan sebagai acuan dalam merencanakan perkuatan lereng.

Perkuatan Lereng Menggunakan Geoframe

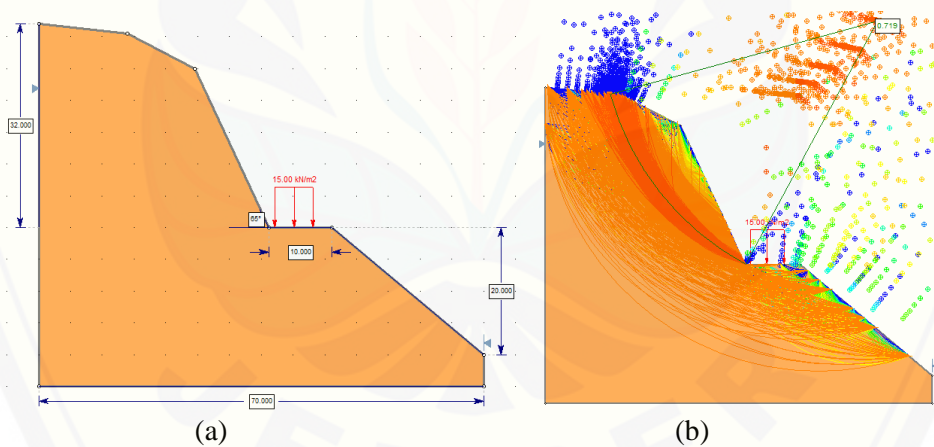
Hasil analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan menggunakan program bantu akan didapatkan bidang longsor yang nantinya digunakan untuk menempatkan perkuatan. Perkuatan lereng menggunakan *geoframe* bertujuan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan. Analisis stabilitas lereng menggunakan *geoframe* dilakukan dengan bantuan *software Rocscience Slide* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menambahkan perkuatan berupa *geoframe* yang terdiri dari *geogrid*, *geotextile non-woven* dan *frame* pada lereng timbunan yang sebelumnya sudah direncanakan.
- Melakukan tahap analisis dan perhitungan.
- Menampilkan keluaran berupa nilai faktor keamanan yang mengacu pada Bowles (1989).
- Melakukan kontrol stabilitas internal, eksternal, dan global pada perkuatan lereng.
- Jika nilai faktor keamanan belum tercapai, maka dilakukan perencanaan ulang pada perkuatan *geoframe*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

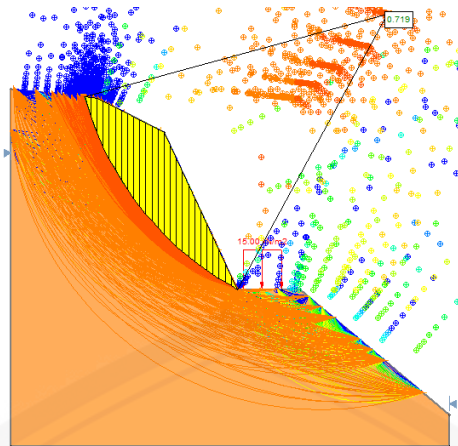
Analisis stabilitas lereng tanpa merupakan tahap untuk mengetahui nilai faktor keamanan dan zona kritis longsor guna merencanakan perkuatan. Metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng yaitu metode *Ordinary/Fellenius* dimana menggunakan konsep kesetimbangan batas (*limit equilibrium*). Perhitungan stabilitas lereng untuk mencari faktor keamanan dilakukan dengan dua cara yaitu dengan perhitungan manual dan menggunakan program bantu atau *software Rocscience Slide*. Langkah-langkah analisis stabilitas lereng dengan *software Rocscience Slide* diawali dengan memodelkan lereng, memasukkan parameter tanah, dan beban lalu lintas seperti pada Gambar 1 (a). Langkah selanjutnya yaitu dengan menampilkan hasil keluaran berupa nilai faktor keamanan dan bidang longosaran seperti pada Gambar 1 (b).



(a) Tampilan Pemodelan Lereng Eksisting; (b) Tampilan Hasil Analisis Tanpa Perkuatan
Gambar 1. Tampilan Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Pada Gambar 1 didapatkan nilai faktor keamanan (SF) terkecil sebesar 0,719. Berdasarkan nilai faktor keamanan yang disyaratkan oleh Bowles (1989), nilai tersebut kurang dari 1,25. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas kelongsorannya yaitu sering terjadi atau kondisi lereng tidak stabil.

Zona kritis longsor yang didapatkan dari perhitungan dengan bantuan *software Rocscience Slide* digunakan sebagai dasar menghitung faktor keamanan. Adapun data-data yang digunakan untuk perhitungan didapatkan dari irisan-irisan pada zona kritis longsor dimana dibagi menjadi 25 irisan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Irisan Pada Bidang Longsor

Gambar 2 menunjukkan irisan-irisan yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung stabilitas lereng secara manual. Perhitungan dirangkum dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Nilai Faktor Keamanan

Irisan	Berat, W (kN)	Gaya Normal, N (kN)	Panjang Dasar, Δl (m)	C Δl	N tanφ	C Δl + N tanφ	Gaya dorong, T (kN)
1	27,1487	7,7164	3,4003	85,3650	3,3392	88,7042	26,0290
2	76,0232	26,2149	2,8027	70,3625	11,3442	81,7068	71,3604
3	112,4850	44,4340	2,4466	61,4220	19,2283	80,6502	103,3368
4	140,2790	61,5165	2,2039	55,3280	26,6206	81,9486	126,0711
5	164,0450	78,2861	2,0252	50,8420	33,8774	84,7194	144,1598
6	184,7120	94,6120	1,8868	47,3689	40,9423	88,3111	158,6414
7	202,8850	110,4144	1,7759	44,5829	47,7806	92,3635	170,2086
8	218,9840	125,6423	1,6845	42,2884	54,3703	96,6586	179,3544
9	233,3180	140,2637	1,6076	40,3596	60,6975	101,0571	186,4494
10	246,1200	154,2572	1,5420	38,7120	66,7531	105,4651	191,7805
11	257,5710	167,6086	1,4852	37,2859	72,5307	109,8166	195,5765
12	267,8160	180,3089	1,4355	36,0382	78,0266	114,0648	198,0256
13	276,9210	192,3175	1,3916	34,9366	83,2232	118,1599	199,2466
14	269,9240	192,8685	1,3526	33,9566	83,4616	117,4183	188,8404
15	250,1030	183,4466	1,3176	33,0791	79,3844	112,4635	169,9966
16	229,4410	172,4099	1,2862	32,2889	74,6084	106,8973	151,3869
17	207,9970	159,8355	1,2577	31,5739	69,1670	100,7409	133,0991
18	185,2840	145,3728	1,2318	30,9242	62,9084	93,8327	114,8778
19	162,9630	130,3567	1,2082	30,3319	56,4104	86,7423	97,7960
20	139,4560	113,5819	1,1866	29,7901	49,1513	78,9414	80,9143
21	115,3350	95,5295	1,1668	29,2933	41,3393	70,6326	64,6241
22	90,6311	76,2566	1,1486	28,8366	32,9992	61,8358	48,9788
23	65,3711	55,8170	1,1319	28,4160	24,1542	52,5702	34,0271
24	39,5791	34,2622	1,1164	28,0281	14,8266	42,8547	19,8143
25	13,2764	11,6417	1,1022	27,6700	5,0378	32,7078	6,3823
Σ	-	-	-	-	-	2201,2634	3060,9780

Pada Tabel 1 didapatkan jumlah gaya penahan dan gaya pendorong yang digunakan untuk menghitung nilai faktor keamanan lereng. Nilai faktor keamanan lereng dapat dihitung menggunakan rumus 1.

$$SF = \frac{\sum(C \Delta l + N \tan\phi)}{\sum W \sin\alpha} \quad (1)$$

$$= \frac{2201,2634}{3060,9780}$$

$$= 0,7191$$

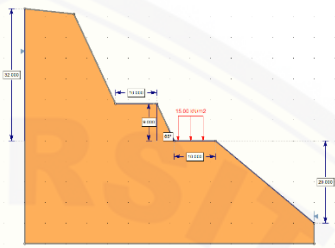
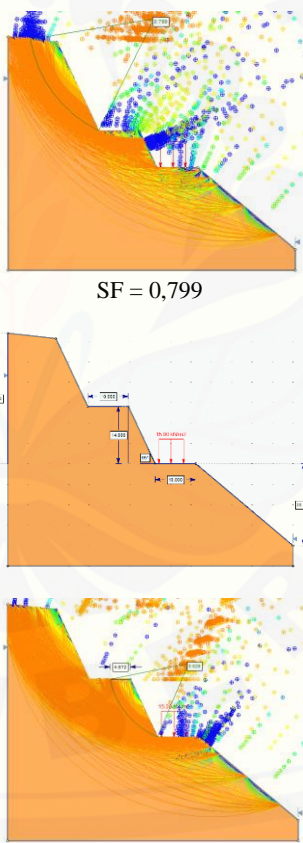
Berdasarkan hasil perhitungan manual didapatkan nilai faktor keamanan lereng sebesar 0,7191. Nilai faktor keamanan tersebut kurang dari 1,25 seperti yang disyaratkan oleh Bowles (1989). Menurut Manurung et al. (2016) nilai faktor keamanan lereng terhadap kuat geser berkisar

antara 1,2-1,5 atau lebih. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas kelongsorannya yaitu sering terjadi atau kondisi lereng tidak stabil.

Analisis Stabilitas Lereng dengan Perubahan Geometri Lereng

Pengubahan geometri dilakukan dengan melakukan pemotongan lereng. Pemodelan lereng setelah diubah geometrinya, diplotkan pada program bantu *Rocscience Slide*. Berikut adalah beberapa percobaan perubahan geometri lereng seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 *Trial and Error* Pemodelan Lereng

No	Geometri	Percobaan Pemodelan
1	Tinggi = 9 m Sudut = 65°	
2	Tinggi = 14 m Sudut = 65°	 <p style="text-align: center;">SF = 0,799</p> <p style="text-align: center;">SF = 0,828</p>

Pada pemodelan pertama dilakukan pemotongan lereng arah horizontal dengan lebar 10 meter, arah vertikal setinggi 9 meter dihitung dari permukaan jalan, dan sudut kemiringan lereng sebesar 65°. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 0,799 dengan bidang longsor berada di atas lereng yang dipotong. Pemodelan ini menghasilkan kelongsoran pada punggung lereng. Tujuan dari perubahan geometri lereng yaitu mencari kelongsoran pada kaki lereng, O dilakukan pemodelan kedua.

Pada pemodelan kedua dilakukan pemotongan lereng arah horizontal dengan lebar 10 meter, arah vertikal setinggi 14 meter dihitung dari permukaan jalan, dan kemiringan lereng sebesar 65°. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 0,828 dengan bidang longsor berada di lereng yang dipotong.

Berdasarkan *trial and error* dipilih pemodelan kedua. Hal ini dikarenakan bidang longsor pada pemodelan pertama berada di punggung lereng, sedangkan tujuan dari pemodelan ini yaitu mencari bidang longsor pada kaki lereng seperti pada pemodelan kedua. Selain itu, nilai faktor keamanan lereng lebih besar pemodelan kedua daripada pemodelan pertama, sehingga dipilih pemodelan kedua untuk ditambahkan perkuatan *geoframe*.

Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan *Geoframe*

Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *geoframe* terdiri dari kontrol stabilitas internal, eksternal, dan global. Pada kontrol stabilitas internal dan eksternal yang digunakan dalam perencanaan yaitu material *geogrid*. Hal ini dikarenakan fungsi *geogrid* dalam *geoframe* yaitu memberikan perkuatan melalui kekakuan tinggi untuk menahan gaya yang bekerja pada lereng, sehingga *geogrid* digunakan sebagai perkuatan utama dalam perencanaan ini. Pada kontrol stabilitas global menggunakan semua material *geoframe* berupa *geotextile non-woven*, *geogrid*, dan *frame* untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng secara keseluruhan. Analisis dan perhitungannya menggunakan software *Rocscience Slide*.

a. Stabilitas Internal *Geoframe*

Analisis stabilitas internal digunakan untuk mengevaluasi bidang keruntuhan potensial di dalam tanah yang diberi perkuatan. Data-data yang diperlukan untuk menghitung stabilitas internal lereng berupa:

- Tinggi perkuatan, H : 15 meter
- Kuat tarik *geogrid*, Ta : 40 kN/m
- Sudut geser, ϕ : 23,4°
- Berat isi, γ : 17,8089 kN/m³
- Kohesi, C : 25,1050 kN/m²
- Sudut geser tanah & *geogrid*, δ : $2/3\phi = 2/3(23,4) = 15,6^\circ$
- SF rencana : 2 (Untuk tanah kohesif)

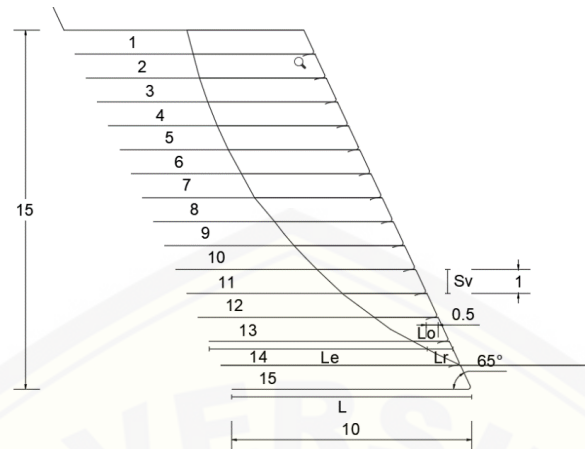
Jumlah lapisan perkuatan geosintetik yaitu 15 lapis. Perhitungan untuk lapisan yang lain dirangkum dan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Perencanaan Panjang *Geogrid*

Lapisan	z	σH	σV	Sv	Le	Le pakai	Lr	Lo	Lo pakai	L=Le+Lr	Lpakai	Ltot
1	1	7,68	17,81	1	0,26	1,6	5,11	0,13	0,5	6,71	10	10,5
2	2	15,37	35,62	1	0,88	1,6	5,28	0,44	0,5	6,88	10	10,5
3	3	23,05	53,43	1	1,73	1,6	5,41	0,86	0,5	7,01	10	10,5
4	4	30,74	71,24	1	2,73	1,6	5,47	1,37	0,5	7,07	10	10,5
5	5	38,42	89,04	1	3,84	1,6	5,48	1,92	0,5	7,08	10	10,5
6	6	46,11	106,85	1	5,04	1,6	5,40	2,52	0,5	7,00	10	10,5
7	7	53,79	124,66	1	6,28	1,6	5,23	3,14	0,5	6,83	10	10,5
8	8	61,47	142,47	1	7,58	1,6	4,95	3,79	0,5	6,55	10	10,5
9	9	69,16	160,28	1	8,91	1,6	4,61	4,46	0,5	6,21	10	10,5
10	10	76,84	178,09	1	10,27	1,6	4,11	5,13	0,5	5,71	10	10,5
11	11	84,53	195,90	1	11,65	1,6	2,65	5,83	0,5	4,25	10	10,5
12	12	92,21	213,71	1	13,05	1,6	1,52	6,53	0,5	3,12	10	10,5
13	13	99,90	231,52	1	14,47	1,6	3,83	7,24	0,5	5,43	10	10,5
14	14	107,58	249,32	1	15,90	1,6	0,00	7,95	0,5	1,60	10	10,5
15	15	115,26	267,13	1	17,34	1,6	0,00	8,67	0,5	1,60	10	10,5

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan panjang perkuatan dengan bantuan *Ms. Excel*, kemudian direncanakan perkuatan *geogrid* dengan jarak vertikal tiap lapisannya sebesar 1 meter. Panjang perkuatan *geogrid* yang digunakan yaitu sepanjang 10 meter pada tiap lapisannya.

dengan panjang overlap 0,5 meter. Panjang total dari perkuatan yang digunakan yaitu 10,5 meter. Sketsa perkuatan lereng dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sketsa Perkuatan Lereng

Perencanaan ini didasarkan pada nilai faktor keamanan cabut (*pull out*) yaitu $SF_{PO} = 2$ untuk tanah kohesif (Umum, 2009). Setelah dilakukan perencanaan ini, lereng diharapkan mampu menahan keruntuhan cabut yaitu gaya akibat penarikan perkuatan ke luar massa tanah yang dapat memperbesar kuat geser di sekitar tanah, sehingga menyebabkan keruntuhan lereng (Umum, 2009).

b. Stabilitas Eksternal *Geoframe*

Analisis stabilitas eksternal merupakan stabilitas global dimana digunakan untuk mengevaluasi bidang keruntuhan potensial di luar tanah yang diberi perkuatan. Data-data yang diperlukan untuk menghitung stabilitas internal lereng berupa:

Tinggi perkuatan, H	: 15 meter
Sudut lereng, β	: 65°
Panjang <i>geogrid</i> , L	: 10 meter
Spasi <i>geogrid</i> (vertikal), Sv	: 1 meter
Kuat tarik <i>geogrid</i> , Ta	: 40 kN/m
Sudut geser, ϕ	: $23,4^\circ$
Berat isi, γ	: 17,8089 kN/m ³

Kontrol stabilitas terhadap geser dapat dihitung sebagai berikut.

$$SF = \frac{W}{Pa_H} = \frac{1737,0822}{495,8475} = 1,5160$$

Kontrol stabilitas terhadap guling dapat dihitung sebagai berikut.

$$SF = \frac{\sum MP}{\sum MA} = \frac{12273,2146}{2479,2375} = 4,9504$$

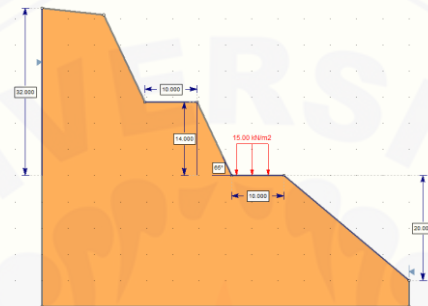
Berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan No. 003/BM/2009, nilai faktor keamanan minimum yaitu 1,5. Pada perhitungan stabilitas lereng terhadap geser didapatkan nilai faktor keamanan (SF) sebesar 1,5160. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kontrol stabilitas lereng terhadap geser sudah memenuhi persyaratan. Keruntuhan geser disebabkan oleh tekanan aktif

lateral yang mengakibatkan pergeseran, sehingga lereng yang direncanakan dapat dikatakan aman apabila mampu melawan gaya tersebut (Damara & Utami, 2021).

Pada perhitungan stabilitas lereng terhadap guling didapatkan nilai faktor keamanan (SF) sebesar 4,9504. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kontrol stabilitas lereng terhadap guling sudah memenuhi persyaratan. Keruntuhan guling disebabkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah di belakang lereng yang diberi perkuatan, sehingga lereng yang direncanakan dapat dikatakan aman apabila mampu menahan gaya tersebut (Zain et al., 2015).

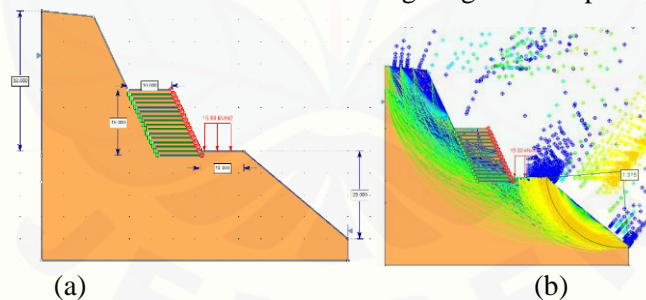
c. Stabilitas Global *Geoframe*

Kontrol stabilitas lereng secara global atau keseluruhan diperoleh menggunakan program bantu *Rocscience Slide*. geometri lereng yang digunakan yaitu geometri setelah dilakukan perubahan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan geometri lereng setelah diubah

Gambar 4 menunjukkan bahwa pemodelan lereng dengan pemotongan arah horizontal selebar 10 meter, arah vertikal setinggi 14 meter dihitung dari permukaan jalan, dan kemiringan lereng sebesar 65° . Geometri lereng tersebut digunakan sebagai pemodelan lereng untuk ditambah perkuatan *geoframe*. Pemodelan lereng tersebut ditambahkan perkuatan *geogrid*, *geotextile non-woven*, dan *frame* seperti pada Gambar 5 (a). Langkah selanjutnya yaitu dengan menampilkan hasil keluaran berupa nilai faktor keamanan dan bidang longosaran seperti pada Gambar 5 (b).



(a) Tampilan pemodelan lereng menggunakan *geoframe*; (b) Tampilan keluaran lereng menggunakan *geoframe*

Gambar 5. Tampilan analisis stabilitas lereng menggunakan *geoframe*

Gambar 5 menunjukkan analisis stabilitas global didapatkan faktor keamanan (SF) sebesar 1,315. Berdasarkan nilai faktor keamanan yang disyaratkan oleh Bowles (1989), nilai tersebut lebih dari 1,25. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas kelongsorannya yaitu jarang terjadi longsor atau kondisi lereng stabil. Penyebab keruntuhan lereng adalah gaya-gaya pendorong yang lebih besar daripada gaya penahan, sehingga lereng dapat dikatakan aman karena mampu menahan gaya-gaya gabungan atau keseluruhan tersebut (Pangemanan et al., 2014).

Pada Gambar 5 (b) menunjukkan bahwa bidang kelongsoran berpindah ke lereng bawah. Pada perencanaan ini tidak dilakukan perkuatan pada lereng bawah karena hanya meninjau lereng atas. Oleh karena itu, lereng dapat dikatakan aman setelah dianalisis menggunakan *software Rocscience Slide*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan yaitu hasil perhitungan stabilitas lereng tanpa perkuatan dengan *software Rocscience Slide* didapatkan SF sebesar 0,719, sedangkan dengan perhitungan manual didapatkan SF sebesar 0,7191. Kedua nilai faktor keamanan tersebut kurang dari 1,25 yang berarti sering terjadi longsor. Hasil perhitungan stabilitas lereng setelah dilakukan perubahan geometri lereng didapatkan SF sebesar 0,828 dimana nilai tersebut kurang dari 1,25 yang berarti sering terjadi longsor. Lereng yang sudah diubah geometrinya ditambahkan perkuatan *geoframe*. Hasil perhitungan stabilitas lereng menggunakan perkuatan *geoframe* didapatkan SF sebesar 1,315 dimana nilai tersebut lebih dari 1,25 yang berarti jarang terjadi longsor atau lereng dalam kondisi aman.

REFERENSI

- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2002). *Slope Stability and Stabilization Methods* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Bowles, J. E. (1989). *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah* (Jakarta). Erlangga.
- Damara, O. D., & Utami, G. S. (2021). *Redesain Underpass Mayjend Sungkono dengan Sheet Pile Profil Baja dan Angkur*.
- Kusuma, R. I., Mina, E., & Hidayatulloh, S. B. (2015). Analisis Stabilitas Lereng dan Perencanaan Soil Nailing Dengan Software Geostudio 2007 (Studi Kasus Kampus Untirta Sindangsari). *Fondasi*, 4(1), 1–12.
- Liong, G. T., & Herman, D. J. G. (2012). Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia XVI (PIT HATTI -XVI) Indonesia, Jakarta*.
- Manurung, R., Surjandari, N. S., & Djarwati, N. (2016). Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Hujan 3 Hari Berurutan di DAS Tirtomoyo (Studi kasus Desa Damon, Hargorejo, Wonogiri). *Matriks Teknik Sipil*, 4(1), 97–105. <https://matriks.sipil.ft.uns.ac.id/index.php/MaTekSi/article/view/480>
- Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 37–46. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/3920>
- Skempton, A. W., & Hutchinson, J. (1969). Stability of Natural Slopes and Embankment Foundations. In *State of-the-art Report*.
- Umum, D. P. (2009). *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik* (Issue 003, pp. 1–178).
- Zain, M. N., Suryo, E. A., & Munawir, A. (2015). Analisis Stabilitas Lereng Embung dengan Menggunakan Kombinasi Dinding Penahan Kantilever dan Geotekstil dengan Bantuan Perangkat Lunak. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), 654–666.

BENTANG

Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

Volume 10 Nomor 1, Januari 2022

