

EVALUASI PENGGUNAAN VEGETASI DENGAN MEDIA TANAM COCOMESH UNTUK STABILITAS LERENG PADA AREA TEBING SALURAN IRIGASI D.I BINTANG BANO SUMBAWA BARAT

Desti Putria Dewita Sari¹, Dedy Dharmawansyah²

¹Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral Universitas Teknologi Sumbawa

*Corresponding Author email: destiputriad@gmail.com

Abstrak	
Diterima Bulan Januari 2023	Topografi daerah irigasi Bintang Bano curam, sehingga memungkinkan akan terjadinya longsor ketika hujan deras melanda desa tersebut. Faktor lain yang menyebabkan timbulnya longsor adalah rembesan dan aktivitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi. Hujan adalah salah satu faktor yang dapat memicu terjadi kelongsoran. Oleh karena itu, dilakukan penelitian terhadap kestabilan lereng di area tebing saluran irigasi D.I. Bintang Bano. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan vegetasi dengan menggunakan media tanam cocomesh terhadap stabilitas lereng yang ada di area tebing saluran tersebut. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan pengukuran topografi dan pengujian pengeboran sampel tanah untuk memeriksa ukuran butiran tanah, termasuk berat satuan, kadar air, hidrometer dan uji analisis saringan. Setelah didapatkan data tanah maka dapat dicari nilai faktor keamanan dari lereng tersebut dengan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak berupa program aplikasi bernama <i>GeoStudio SLOPE/W</i> 2012 dengan metode <i>Bishop</i> . Hasil dari penelitian tersebut diperoleh nilai angka keamanan dari lereng yang belum dipasang vegetasi yaitu sebesar 1,191. Namun ketika dipasang vegetasi terjadi kenaikan nilai faktor keamanan sebesar 5,87% sehingga menjadi nilai faktor keamanan 1,546. Sehingga dapat dikatakan bahwa vegetasi pada lereng di area tebing saluran irigasi D.I Bintang Bano mampu meningkatkan stabilitas lereng di sana.
Diterbitkan Bulan Februari 2023	
Keyword : Stabilitas lereng, Vegetasi, Cocomesh, Irigasi, Bintang Bano	

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu dan teknologi saat ini telah diterapkan pada beberapa bidang, demikian pula pada bidang teknik sipil. Sebagai contohnya dalam bidang teknik konstruksi, hidro, transportasi dan geoteknik. Bidang geoteknik merupakan bidang ilmu tersendiri dan menitik beratkan pada aplikasi teknik sipil dalam masalah-masalah yang berhubungan dengan sifat mekanis tanah dan batuan.

Topografi daerah irigasi Bintang Bano curam, sehingga memungkinkan akan terjadinya longsor ketika hujan deras melanda desa tersebut. Faktor lain yang menyebabkan timbulnya longsor adalah rembesan dan aktivitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi. Hujan adalah salah satu faktor yang dapat memicu terjadi kelongsoran. Tanah longsor dan gerakan tanah terjadi karena kuat geser (tahanan geser) tanah lebih kecil daripada beban (tegangan geser) (Hamdan & Pratiwi, 2017). Tanah lempung adalah jenis tanah yang plastis yang akan menjadi lunak ketika kadar air bertambah dan akan menjadi kering dan keras ketika kadar air rendah. Karena sifat tanah lempung yang demikian maka dapat dimungkinkan terdapatnya retakan-retakan didalam lereng. Penyelidikan stabilitas lereng tanah selalu dilaksanakan dengan cara mengetahui faktor-faktor pengaruh dan karakteristik perilaku tanah di lereng tersebut. Salah satu faktor

yang harus diperhatikan adalah keberadaan “retakan tanah” yang berpotensi menyebabkan ketidakstabilan lereng. Hujan akan menambah retakan tanah menjadi sangat berpengaruh. Limpasan air hujan ini akan mengisi celah atau retakan dengan material yang dapat mengubah lereng tanah akibat perbedaan karakteristik dan kekuatan gesernya. Karena material yang lebih porous, material ini akan jenuh lebih cepat daripada tanah asli lereng. Kondisi ini akan meningkatkan tekanan pori positif dalam tanah dan mempengaruhi stabilitas lereng secara keseluruhan. Erosi adalah material tanah, batuan, dan sebagainya yang secara bertahap lepas akibat angin, hujan, dan cuaca ekstrem lainnya. Berdasarkan hasil tinjauan lapangan rata-rata klasifikasi batuan adalah material tuff (lapukan batuan) dan lapisan batuan lebih padat (andesit).

Pada penelitian ini, penyelidikan dikhususkan untuk mengetahui kestabilan lereng tanah karena tidak semua lereng mempunyai kestabilan yang aman, terutama di daerah-daerah yang mempunyai lereng yang curam. Pada desain Saluran Irigasi Bintang Bano (saluran baru) memiliki tinggi trap galian mencapai 33 m tanpa ada proteksi lereng. Kondisi galian yang terbuka tanpa proteksi sangat berpotensi untuk terjadinya erosi yang mengakibatkan longsor. Berdasarkan desain yang sudah berjalan dan dikerjakan di lapangan menimbulkan potensi masalah pada erosi

permukaan yang dapat berakibatkan kelongsoran. Dengan desain yang sudah disetujui, sudah mengacu pada perhitungan stabilitas lereng dengan kemiringan 2V:1 H dimana dinyatakan stabilitasnya aman. Tanpa adanya proteksi permukaan lereng terhadap erosi, besar potensi kelongsoran yang diakibatkan oleh gerusan air dan pelapukan pada batuan yang terekspose. Berlatar belakang hal di atas tersebut, sehingga penulis tertarik untuk meneliti tentang Evaluasi Penggunaan Vegetasi (*Cocomesh*) untuk Stabilitas Lereng pada Area Tebing Saluran Irigasi D. I Bintang Bano.

LANDASAN TEORI

Vegetasi

Vegetasi merupakan salah satu upaya dalam stabilitas lereng yang memanfaatkan tanaman dengan media *cocomesh* untuk mengikat tanah. Penanaman vegetasi tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi hydroseeding. Hydroseeding adalah teknik atau metode penghijauan dengan menggunakan campuran yang terdiri dari benih dan zat tumbuh. Teknik atau metode ini merupakan proses pencampuran dan pengadukan benih, air, pupuk, mulsa, dan pembenah tanah atau perekat dalam suatu tangki, kemudian disemprotkan pada permukaan tanah atau lereng dengan Hydroseeder. Ketika disemprotkan, mulsa bersama dengan pupuk dan benih rumput akan bertindak sebagai lapisan dasar penyerap, menjaga kelembaban yang mempercepat perkecambahan benih rumput, dan pada saat yang sama membentuk penutup untuk mencegah erosi tanah pada lereng. Hydroseeder dilengkapi selang yang panjangnya 25 m hingga 50 m untuk memudahkan penyemprotan pada lereng yang curam dan sulit dijangkau dengan teknik penanaman manual. Selain perlindungan lereng dari erosi, tanaman hasil hydroseeding juga tumbuh bersamaan sehingga menambah nilai estetis pada lereng tebing.

Media tanam yang digunakan dalam vegetasi ini adalah *cocomesh*. *Cocomesh* terbuat dari sabut kelapa. Sabut kelapa merupakan bagian terluar dari buah kelapa atau yang biasa disebut sebagai selimut buah kelapa. Jika dilakukan kegiatan penguraian, sabut kelapa akan menghasilkan serat sabut (*cocofibre*) dan serbuk sabut (*cococoir*) (B, Sari, & Solikatur, 2020).

Jenis benih vegetasi yang banyak digunakan dalam teknologi hydroseeding pada lereng tebing adalah jenis rumput, seperti bahia, rodhes, dan signal. Sementara itu, contoh untuk jenis dan *legum cover crops* (LCC) adalah *Centrosema pubescens* (Cp), *Calopogonium mucunoides* (Cm), dan *Pueraria javanica* (Pj). Tanaman LCC ini dapat memperbaiki sifat kimia tanah, seperti pH, Al, dan N, serta dapat melindungi tanah dari erosi. Namun untuk jenis benih yang digunakan pada penelitian ini adalah benih *Colopogonium mucunoides* (Cm) dan

benih vetiver. Vetiver memiliki kuat tarik sebesar 75 Mpa (Hengchaovanich & Nilaweera, 2020)

Ada beberapa kegunaan vegetasi, sebagai berikut:

1. Meningkatkan kestabilan lereng sehingga dapat mengurangi erosi dan dapat mencegah dari terjadinya longsor pada lereng
2. Penghijauan area bekas galian agar terlihat lebih segar
3. Mengatur keseimbangan karbondioksida dan oksigen dalam udara, perbaikan sifat fisik, kimia dan biologis tanah, serta pengaturan tata air tanah.

Cocomesh dirancang sebagai pelindung tanah dari potensi tumbukan air hujan serta memperlambat laju air sehingga mengurangi dampak terkikisnya tanah saat terdapat aliran air permukaan hingga fase pertumbuhan tanaman sempurna. Adapun fungsi lain sebagai pengikat material hydroseeding benih dan mulsa pada lereng. Menurut (Widnyana, Rian, Surata, & Nindhia, 2020) dari hasil penelitian, *Cocomesh* memiliki kuat tarik sebesar 130,9 Mpa.

Korelasi N-SPT terhadap data tanah

Adapun korelasi antara nilai N-SPT dengan kerapatan relatif tanah pada Tabel 2.3. nilai Empiris antara nilai N-SPT terkoreksi dengan kerapatan relatif, sudut geser dalam serta berat volume pada Tabel 1.

Tabel 1 Deskripsi Kualitatif Kerapatan Relatif Tanah (Terzagi & Peck, 1967)

N-SPT	Kepadatan Relatif, D_r
0-4	Sangat lepas
4-10	Lepas
10-30	Menengah
30-50	Padat
Over 50	Sangat Padat

Tabel 2 Nilai Empiris untuk D_r , ϕ , γ dari tanah berbutir berdasarkan nilai N Koreksi (Bowles, 1997)

Deskripsi	Sangat Lepas	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat
Kerapatan Relatif (D_r)	0- 0,15	0.15- 0.35	0.35- 0.65	0.65- 0.85	0.85- 1.00
Nilai N'-SPT terkoreksi	0-4	4-10	10-30	30-50	>50
Sudut geser dalam (ϕ) ⁽⁰⁾	25-30	27-32	30-35	35-40	38-43
Berat volume tanah (γ) (kN/m ³)	11.0- 15.7	14.1- 18.1	17.4- 20.4	17.3- 22	20.4- 23.6

Stabilitas Lereng

Salah satu metode yang digunakan untuk analisis stabilitas terhadap kelongsoran lereng yaitu metode keseimbangan batas dengan asumsi bentuk bidang longsor berupa lingkaran. Pada konstruksi lereng dengan sistem perkuatan lereng, gaya yang meruntuhkan akan dilawan dengan oleh kemampuan geser dan tarik dari bahan perkuatan tersebut (Suryolelono, 1993). Pada Gambar 2.4, tampak pengaruh bahan geotekstil dalam memberikan kontribusi perlawanan terhadap gaya yang melongsorkan cukup berperan, apabila bahan tersebut terpotong oleh bidang longsor.

Dalam praktek, analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas. Adapun maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor.

Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan terdiri dari analisis stabilitas internal, stabilitas eksternal, dan stabilitas terhadap kelongsoran lereng. Stabilitas internal terdiri dari stabilitas terhadap putus dan cabut tulangan, yang berupa stabilitas terhadap gaya-gaya internal yang diperhitungkan terhadap panjang dan jarak spasi antar perkuatan. Stabilitas terhadap gaya-gaya eksternal terdiri dari kemampuan perkuatan lereng dalam menahan gaya geser, guling, dan keruntuhan dasar pondasi akibat kuat dukung tanah. Anggapan yang digunakan adalah perkuatan lereng tanah merupakan satu kesatuan seperti pada konstruksi dinding penahan tanah. Sedangkan tinjauan stabilitas terhadap kelongsoran lereng dapat digunakan berbagai metode, salah satunya adalah metode keseimbangan batas. (Suryolelono, 1993)

Faktor Keamanan

Faktor keamanan tepian yang diperlukan untuk analisis stabilitas tanah ditunjukkan pada Tabel 1 berdasarkan pertimbangan biaya dan konsekuensi kegagalan lereng terhadap tingkat ketidakpastian kondisi analisis. Faktor keamanan yang diperlukan untuk lereng batuan memperhitungkan kondisi permanen atau sementara dari lereng batuan yang dirancang. Ketika muka air tinggi dan perlu menurunkan muka air di dalam batuan untuk meningkatkan faktor keamanan, maka muka air dapat diturunkan dengan bor horizontal yang digunakan sebagai drainase untuk mengeluarkan air dari batuan.

Tabel 1. Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah

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	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih
Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan.		

Tabel 2 Rekomendasi nilai faktor keamanan untuk lereng batuan

Kondisi lereng batuan	Rekomendasi nilai faktor keamanan
Kondisi permanen	1,5
Kondisi sementara	1,3

Untuk lereng penambangan, meskipun dapat dianggap lereng sementara, faktor-faktornya meliputi lamanya proses penambangan, proses penambangan yang biasanya dilakukan peledakan, dan laju pelapukan dan pelapukan air pada massa batuan. , terutama pada batu tulis, harus mendapat perhatian khusus saat mendesain.

Aplikasi GeoStudio

GeoStudio adalah perangkat lunak desain geoteknik yang berasal dari Kanada. *GeoStudio* yang dapat digunakan untuk analisis kemantapan lereng dapat dilihat pada menu *SLOPE/W*. Alat *SLOPE/W* digunakan pada bidang khusus teknik sipil untuk mendapatkan hasil perhitungan dengan mudah dan cepat. *GeoStudio SLOPE/W* memiliki banyak keunggulan diantaranya : menghemat waktu dan tenaga, membuat perhitungan lebih cepat dan lebih mudah daripada perhitungan manual. Pada tugas akhir ini, program *SLOPE/W* digunakan untuk menghitung tingkat keparahan lereng ketika tanah longsor tertentu diketahui sesuai dengan data tanah yang akan dirancang. Data yang dibutuhkan pada program *GeoStudio* ini adalah nilai kohesi (c), nilai sudut gesek dalam tanah (ϕ), berat volume tanah (γ).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Daerah Irigasi Bintang Bano sebagian besar arealnya berada di wilayah Kecamatan Brang Rea, Kecamatan Taliwang, Kecamatan Seteluk dan Kecamatan Pototano, Kabupaten Sumbawa Barat. Areal irigasi Bintang Bano dapat dibagi menjadi dua yaitu; pertama merupakan sebagian besar masih berupa sawah tadah hujan (areal yang direncanakan

menjadi sawah baru) dan kedua yaitu merupakan daerah irigasi eksisting kewenangan kabupaten yang secara elevasi berada di bawah dari rencana saluran induk irigasi Bintang bano dan semua daerah irigasi tersebut akan disuplai dari saluran induk irigasi Bintang Bano melalui beberapa bangunan bagi yang melepas air irigasi di sungai yaitu di hulu bangunan utama (*head work*) irigasi-irigasi eksisting tersebut dan akan ditangkap oleh bangunan utama untuk dialiri ke masing-masing daerah irigasi yang sudah ada.

Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, setiap data dikumpulkan terlebih dahulu dan kemudian dikelola sehingga hasilnya diharapkan dapat dijadikan acuan untuk analisis agar dapat menyelesaikan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya. Sumber data dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Proyek Bintang Bano. Dari data tersebut diolah untuk mengetahui pengaruh adanya vegetasi *cocomesh* terhadap stabilitas lereng di area saluran D.I Bintang Bano.

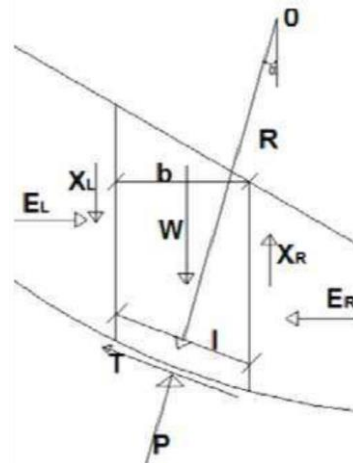
Metode Bishop

Metode yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode *Bishop*. Metode *Bishop* dipilih karena analisis dengan menggunakan metode ini menghasilkan nilai faktor keamanan yang paling rendah dibandingkan dengan metode lainnya. Nilai faktor keamanan yang kecil dapat dijadikan acuan pada saat menganalisis kestabilan lereng. Semakin kecil faktor nilai keamanan, semakin tidak stabil lereng tersebut (Kurniawati & Wulandari, 2020).

Metode *Bishop* adalah Metode yang diperkenalkan oleh A.W. *Bishop* menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan. Metode *Bishop* dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode *Bishop* menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (*Bishop*, 1955). Untuk lereng yang dibagi menjadi n buah slice (iris).

Metode *Bishop* dipilih karena hasil analisis dengan menggunakan metode ini memberikan nilai faktor keamanan yang paling rendah dibandingkan dengan metode lainnya. Nilai faktor keamanan yang kecil dapat dijadikan acuan dalam analisis stabilitas lereng. Semakin rendah nilai faktor keamanan, semakin tidak stabil lereng tersebut. Hal ini didukung oleh Amri (2021) yang menyimpulkan bahwa dengan metode *Bishop* besar angka keamanan lereng lebih kecil dibandingkan dengan metode Janbu serta menyarankan untuk menggunakan metode

Bishop karena sederhana, cepat, dan memiliki faktor keamanan yang cukup teliti.



Gambar 1 Gaya-gaya yang bekerja pada suatu potongan

Keterangan :

W	=	Berat total pada irisan
E_L, E_R	=	Gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kiri dan kanan
X_L, X_R	=	Gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kiri dan kanan
P	=	Gaya normal total pada irisan
T	=	Gaya geser pada dasar irisan
b	=	Lebar dari irisan
L	=	Panjang dari irisan
α	=	Sudut Kemiringan lereng

Dengan memperhitungkan seluruh keseimbangan gaya maka rumus untuk faktor keamanan Fk metode *Bishop* diperoleh sebagai berikut (Anderson & Richard, 1987) :

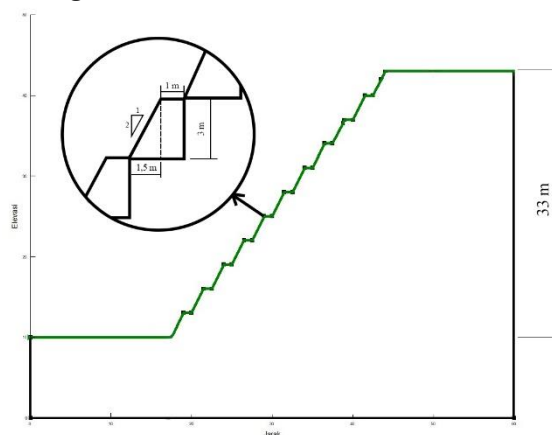
$$Fk = \frac{[c'l + (P - ul)\tan\phi']}{W \sin \alpha}$$

Keterangan :

Fk	=	faktor keamanan
c'	=	kohesi (kN/m^2)
u	=	tekanan air pori
ϕ'	=	sudut geser dalam tanah ($^\circ$)
W	=	berat segmen tanah (kN)

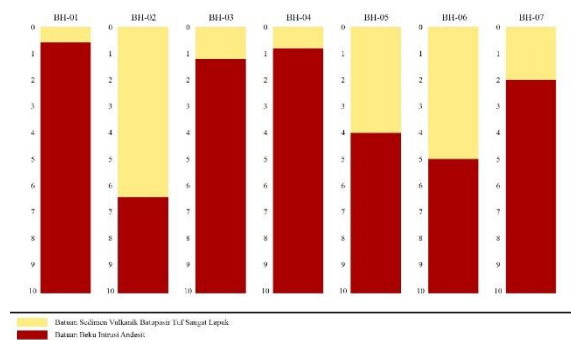
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lereng



Gambar 2 Model Lereng

Pada gambar 4.2 dapat diketahui bahwa ketinggian lereng mencapai 33 meter dengan kemiringan galian 2 Vertikal : 1 Horizontal dengan berm lebar 1 meter setiap ketinggian 3 meter. Pada titik koordinat pengujian bor, dapat ditentukan stratigrafi tanah yang ditampilkan pada gambar sebagai berikut.



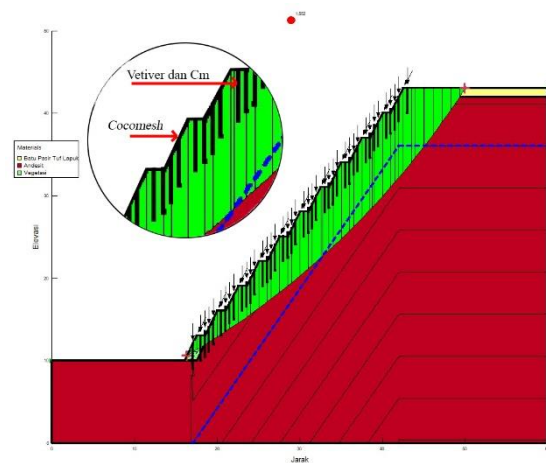
Gambar 3 Stratigrafi Tanah

Stratigrafi diatas menunjukkan terdapat dua jenis masa batuan, yaitu batuan sedimen vulkanik batu pasir tuf sangat lapuk dan batuan beku intrusi andesit. Pemodelan lapisan didapat dari uji SPT.

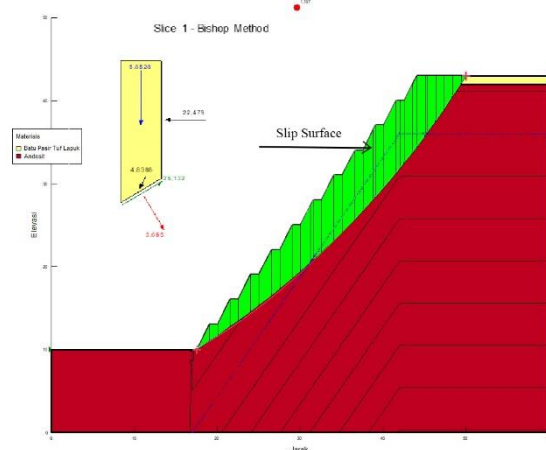
Analisis menggunakan GeoStudio

Analisis lereng menggunakan program *GeoStudio* dihitung berdasarkan metode *bishop*. Dari hasil perhitungan dengan program *GeoStudio* didapatkan bidang longsor pada lereng dengan kemiringan 30o, yang kemudian titik koordinat dari bidang longsor tersebut dijadikan acuan untuk menentukan titik entry and exit pada perhitungan selanjutnya. *Output* hasil analisis sebelum dan sesudah diterapkannya vegetasi dengan menggunakan program *GeoStudio* untuk metode *Bishop*.

Hasil Nilai Faktor Keamanan Lereng



Gambar 4 Hasil Analisis Sebelum dipasang Vegetasi



Gambar 5 Hasil Analisis Setelah dipasang Vegetasi

Hasil dari analisis menggunakan *GeoStudio* dengan menerapkan metode *Bishop* maka dapat ditarik nilai faktor keamanan pada setiap titik yang telah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Faktor Keamanan Lereng

Titik	Nilai Faktor Keamanan	
	Sebelum dipasang vegetasi	Setelah dipasang vegetasi
BH-01	1,197	1,552
BH-02	1,199	1,533
BH-03	1,197	1,552
BH-04	1,197	1,553
BH-05	1,182	1,543
BH-06	1,172	1,539
BH-07	1,192	1,549
Rata-rata	1,191	1,546

Berdasarkan pada Tabel 4.3 didapatkan nilai angka keamanan setelah dipasang vegetasi sebesar 1,546. Terjadi kenaikan sebesar 29,81% setelah sebelumnya nilai angka keamanan lereng sebelum terpasang vegetasi yaitu sebesar 1,191.

PENUTUP

Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik, sebagai berikut :

1. Stabilitas lereng saluran D.I Bintang Bano sebelum pemasangan vegetasi dapat dilihat dari nilai faktor keamanan yang didapatkan yaitu sekitar 1,191. Nilai faktor keamanan lereng tersebut dikategorikan sebagai lereng yang labil dan perlu adanya perkuatan pada lereng tersebut agar mencegah terjadinya kelongsoran.
2. Setelah dipasang vegetasi dengan menggunakan media tanam cocomesh dapat diketahui Stabilitas lereng saluran D.I Bintang Bano dapat dilihat nilai faktor keamanan yang didapatkan yaitu sekitar 1,546 dan dikategorikan telah stabil.
3. Kenaikan nilai faktor keamanan setelah adanya vegetasi pada lereng meningkat sebesar 5,87%.

REFERENSI

- Amri, N., Dharmawansyah, D., & Hermansyah. (2021). Perbandingan Metode *Bishop* dan Janbu dalam Analisis Stabilitas Lereng pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 20-33.
- B, K. W., Sari, D. P., & Solikatun. (2020). Upaya Penanggulungan Erosi dan Tanah Longsor menggunakan Limbah Sabut Kelapa di Dusun Klui, Desa Malaka . *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 411-416.
- Bowles, J. (1997). *Foundation analysis and design*, 5th edn. New York: McGraw-Hill.
- Hamdan, I. N., & Pratiwi, D. S. (2017). Analisis Stabilitas Lereng dalam Penanganan Longsoran di Jalan Tol Cipularang Km. 91+200 dan Km. 92+600 Menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM). *Jurnal Rekayasa Hijau*, 100-111
- Hengchaovanich, D., & Nilaweera, N. S. (2020). An Assessment of Strength Properties of Vetiver Grass Roots in Relation to Slope Stabilization. *MAL*, 20-27.
- Kurniawati, P., & Wulandari, S. (2020). Analisis Pengaruh Tanaman Vetiver terhadap Stabilitas Lereng. *POLITEKNOLOGI*, 185-196.
- Terzagi, K., & Peck, R. B. (1967). *Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa*. Urbana: Airlangga.
- Widnyana, A., Rian, I. G., Surata, I. W., & Nindhia, T. G. (2020). Tensile Properties of coconut Coir single fiber with alkali treatment and reinforcement effect on unsaturated polyester polymer. *Materials Today: Proceedings*, 300-305