

# STUDI STABILITAS LERENG PADA KAMPUNG INGGRAMUI KABUPATEN MANOKWARI PROVINSI PAPUA BARAT

Ido Krostanto<sup>1)</sup>, Ricardo O.M. Hutapea<sup>1\*)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Universitas Papua  
Jl. Gunung Salju Amban, Kec. Manokwari Barat, Kab. Manokwari 98314

(\*) Penulis koresponden: ricardo.hutapea@gmail.com

Received: Agustus 2023; Accepted: Oktober 2023; Published: November 2023

## Abstract

*This research was conducted in Ingramui Village, Manokwari Regency, West Papua Province because visually, there were indications of a decline in soil conditions caused by the intensity of rainfall or the water flow on the slope surface. The problem that is the focus of the research is determining the value of the Safety Factor (FK) in the original conditions and building design at the research location. Furthermore, this research aims to compare and recommend safe or stable slope geometry with FK at the research location using Rockscience Slide software version 6.0. The results of the FK value calculation interpretation based on Rockscience Slide Version 6.0 software show that the original slope FK value based on the Fellenius method is 0.939. In contrast, the Bishop method produces a value of 0.999. For the actual slope height with changes in slope, the FK value based on the Fellenius method is 1.266, and the Bishop method produces a value of 1.331. On the other hand, for the original slope with changes in slope height, the FK value based on the Fellenius method is 1.250, and the Bishop method produces a value of 1.275. From the calculation results, the FK value of the design is included in the category of landslides that rarely occur (slopes are relatively stable) compared to the FK value of the hill in its original condition.*

**Keywords:** Bishop, Fellenius, Safety Factor, Slope Stability

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan di Kampung Ingramui, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat, karena terlihat secara visual adanya indikasi penurunan kondisi tanah yang disebabkan oleh intensitas curah hujan atau aliran air pada permukaan lereng. Masalah yang menjadi fokus penelitian adalah menentukan nilai Faktor Keamanan (FK) pada kondisi asli dan perancangan bangunan di lokasi penelitian. Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dan merekomendasikan geometri lereng dengan FK yang aman atau stabil di lokasi penelitian menggunakan perangkat lunak *Rockscience Slide* versi 6.0. Hasil interpretasi perhitungan nilai FK berdasarkan penggunaan perangkat lunak *Rockscience Slide* Versi 6.0 menunjukkan bahwa nilai FK lereng asli berdasarkan metode Fellenius adalah 0,939, sementara metode Bishop menghasilkan nilai 0,999. Untuk ketinggian lereng asli dengan perubahan kemiringan lereng, nilai FK berdasarkan metode Fellenius adalah 1,266, dan metode Bishop menghasilkan nilai 1,331. Sebaliknya, untuk kemiringan lereng asli dengan perubahan ketinggian lereng, nilai FK berdasarkan metode Fellenius adalah 1,250, dan metode Bishop menghasilkan nilai 1,275. Dari hasil perhitungan, nilai FK rancang bangun masuk dalam kategori longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil) dibandingkan dengan nilai FK lereng dalam kondisi asli.

**Kata Kunci:** Bishop, Fellenius, Faktor Keamanan, Kestabilan Lereng.

## PENDAHULUAN

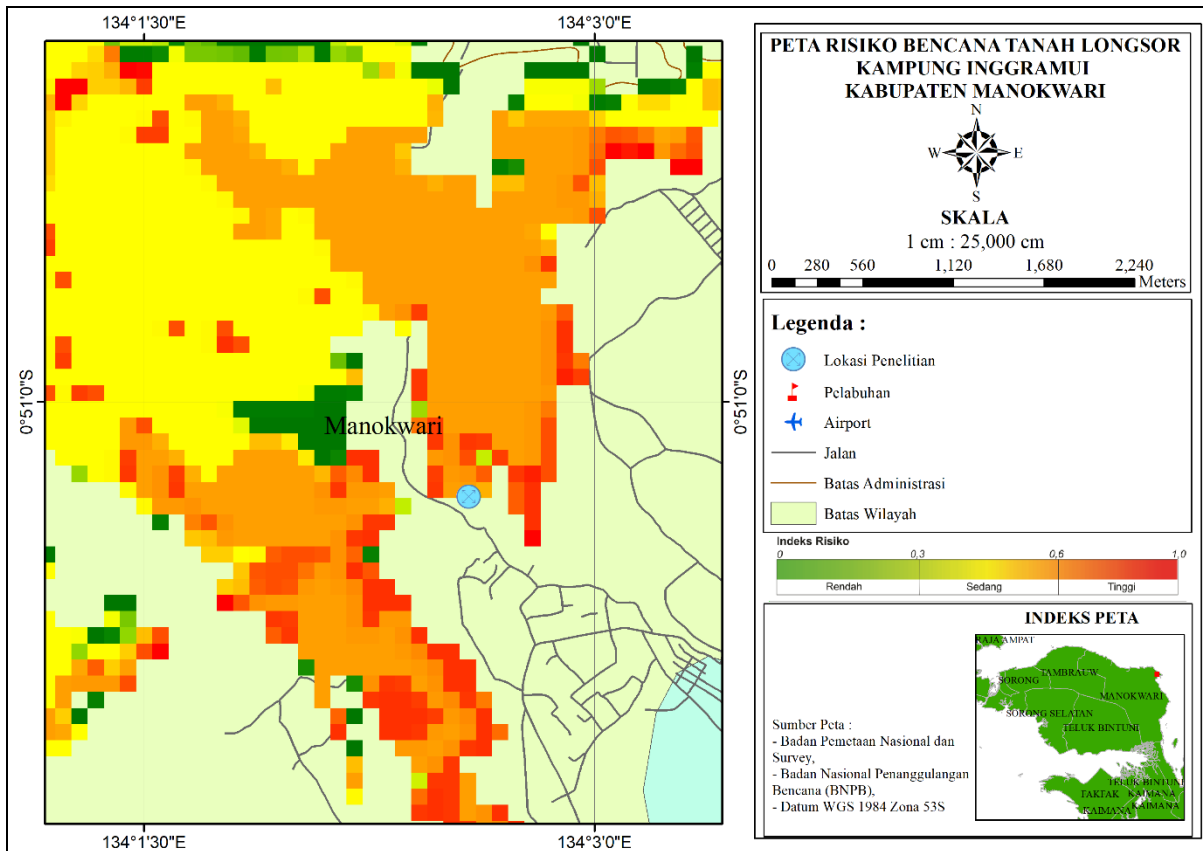
Stabilitas tanah pada lereng dapat terganggu akibat adanya pengaruh intensitas curah hujan serta aktivitas manusia. Suatu kelongsoran dapat terjadi dikarenakan tidak seimbang gaya penahan dan gaya penggerak yang terdapat pada lereng tersebut. Jika kelongsoran terjadi, maka dapat mengakibatkan

kerusakan fasilitas umum, hilangnya lahan-lahan pertanian dan juga dapat menyebabkan korban jiwa.

Kampung Ingramui, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat merupakan lokasi penelitian. Dasar pemikiran pemilihan lokasi ini dikarenakan daerah tersebut menjadi salah satu daerah yang masuk dalam kategori Indeks Risiko dari sedang-

tinggi yang digambarkan dalam portal inaRISK. InaRisk adalah salah satu portal kajian risiko bencana yang menampilkan informasi ancaman bencana, kerentanan, (populasi, kerugian fisik, ekonomi dan lingkungan), kapasitas dan risiko

bencana serta inaRISK juga dapat menampilkan pantauan indeks risiko bencana terkini berdasarkan kejadian yang pernah terjadi dan kemungkinan yang akan terjadi.



Gambar 1. Peta risiko bencana tanah longsor Kabupaten Manokwari

Hasil observasi lapangan yang dilakukan, menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki indikasi penurunan kesetimbangan lereng. Hal ini ditunjukkan secara visual pada lokasi penelitian dengan adanya longsor. Oleh sebab itu, pengujian tanah untuk kestabilan lereng pada daerah tersebut perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) pada daerah tersebut. Perhitungan kestabilan lereng akan dilakukan berdasarkan penggunaan dua metode yaitu *Ordinary/Fellenius* dan *Bishop Simplified*. Untuk mempermudah pengolahan data, maka alat bantu yang digunakan adalah *software Rocscience Slide* Versi 6.0. Hasilnya diharapkan dapat digunakan untuk meminimalisir terjadinya longsor yang berdampak pada kerugian masyarakat sekitar dalam hal akses transportasi masyarakat sekitar Kampung Ingramui.

**TUJUAN**

Menghitung nilai Faktor Keamanan (FK) lereng asli berdasarkan data hasil pengujian laboratorium (sifat fisik dan mekanik) dengan alat bantu *Software Rocscience Slide* Versi 6.0.

**METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian terapan. Metode penelitian terapan ini dilakukan dengan tujuan menerapkan, menguji dan mengevaluasi kemampuan suatu teori yang diterapkan dalam memecahkan masalah-masalah berdasarkan tujuan penelitian. (Sugiyono, 2015).

Waktu penyusunan dan pelaksanaan penelitian ini, berjalan ± 9 bulan terhitung dari bulan Oktober 2021 – Juni 2022. Tempat penelitian dilakukan di Kampung Ingramui, Kabupaten Manokwari, dan pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Geomekanika, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Universitas Papua.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua metode analisis kestabilan lereng, metode *Ordinary Fellenius* dan Metode *Bishop Simplified* dengan variabel penelitian berupa sifat fisik tanah, sifat mekanik tanah, kemiringan lereng dan curah hujan pada daerah penelitian.

## DASAR TEORI

### Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain adalah galian dan timbunan, tanggul dan dinding tambang terbuka (Arief, 2007).

### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Dalam Seegmiller (1972) secara klasik menerangkan terjadinya suatu longsoran lereng tambang yang dimulai dengan longsoran yang kecil yang kemudian menjadi besar sehingga menimbulkan masalah pada operasi penambangan. Ada dua penyebab terjadinya longsoran menurut Terzaghi (1950), dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

#### 1. Penyebab Eksternal

Menyebabkan naiknya gaya geser yang bekerja sepanjang bidang runtuh, antara lain yaitu:

- Perubahan geometri lereng.
- Beban dinamik karena *dump truck* (traffic loading).
- Gaya vibrasi yang ditimbulkan oleh gempa bumi atau ledakan.
- Penurunan muka air tanah secara mendadak.

#### 2. Penyebab Internal

Faktor-faktor internal antara lain menyebabkan turunnya kekuatan geser material, antara lain yaitu:

- Pelapukan.
- Keruntuhan progressive.
- Hilangnya sementasi material.
- Berubahnya struktur material.

### Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang miring, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng (Arief, 2007)

### Teori Analisis Stabilitas Lereng

Kemantapan lereng (Slope Stability) sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tanah terhadap keruntuhan. Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (limit plastic equilibrium). Adapun maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial.

Bentuk umum untuk perhitungan stabilitas lereng adalah dengan mencari nilai angka aman (FK) dengan membandingkan momen-momen yang terjadi akibat gaya yang bekerja dengan rumus sebagai berikut:

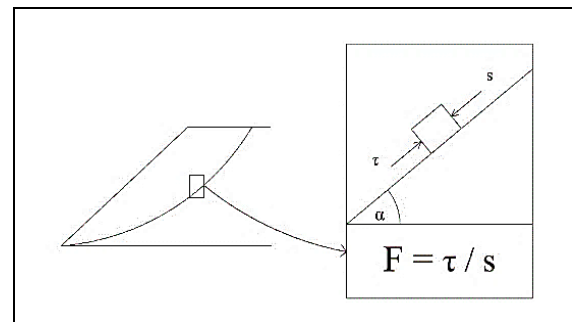
$$F = \frac{\text{Gaya penahan}}{\text{Gaya penggerak}} = \frac{\tau}{s} \quad (1)$$

$$\tau = cL + ((W+V) \cos \alpha - \mu) \tan \phi \quad (2)$$

$$s = (W+V) \sin \alpha \quad (3)$$

$$\mu = \gamma \times h \times L \quad (4)$$

F adalah Faktor Keamanan,  $\tau$  adalah gaya tahanan geser (Ton/m<sup>2</sup>) dan s adalah gaya dorong geser (Ton/m<sup>2</sup>).  $\mu$  adalah tekanan pori ( $\gamma \times h \times L$ ),  $\gamma$  adalah bobot isi tanah (gram/m<sup>3</sup>), h adalah panjang garis ekuipotensial ke titik berat L (m), L adalah panjang irisan bidang gelincir (m), c adalah kohesi (Ton/m<sup>2</sup>), W adalah bobot satuan isi tanah ( $\gamma$  kN/m<sup>3</sup>), V adalah beban luar (Ton),  $\alpha$  adalah sudut yang dibentuk oleh bidang gelincir dengan bidang horizontal (°) dan  $\phi$  adalah sudut geser dalam (°).



Gambar 2. Sketsa lereng dan Gaya yang Bekerja (Lambe dan Whitman, R. 1969)

Faktor Keamanan (FK) yang ditinjau dari intensitas kelongsorannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor (Bowles. 1979)

Nilai Faktor Keamanan	Intensitas Longsor
$F < 1,07$	Longsor biasa terjadi/sering (lereng labil)
$F 1,07 - 1,25$	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
$F > 1,25$	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

### Metode Irisan (Method of Slice)

Analisis stabilitas dengan metode irisan (method of slice) lebih cocok untuk tanah yang tidak homogen dan ada aliran air tidak menentu. Gaya normal suatu titik dilingkaran bidang longsor dipengaruhi oleh berat tanah diatas titik tersebut. Metode ini, tanah yang akan longsor dipecah-pecah menjadi beberapa irisan vertikal, kemudian keseimbangan tiap irisan diperhatikan seperti yang

terlihat pada Gambar 3. Terdapat dua metode yang sering digunakan yaitu metode bishop dan fellenius.

**1. Metode Bishop**

Metode Bishop adalah Metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan yang digunakan untuk menganalisis permukaan gelincir (slip surface) berbentuk lingkaran. Metode ini mengasumsikan bahwa gaya-gaya normal total yang berada/bekerja dipusat alas potongan dapat 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). Persamaan yang digunakan adalah:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + W_i (1 - r_u) \tan \phi'] \left( \frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \quad (5)$$

F adalah faktor aman, n adalah jumlah irisan, c adalah kohesi tanah efektif (kN/m<sup>2</sup>), b<sub>i</sub> adalah lebar irisan ke-I (m), W<sub>i</sub> adalah berat irisan tanah ke-i (kN), r<sub>u</sub> adalah rasio tekanan air pori, φ' adalah sudut geser dalam efektif (°) dan θ<sub>i</sub> adalah sudut yang didefinisikan (°).

**2. Metode Fellenius**

Metode Fellenius diperkenalkan pertama kali oleh Fellenius 1927 dan 1936, bahwa gaya memiliki sudut kemiringan paralel dengan dasar irisan faktor keamanan (FK) dihitung berdasarkan keseimbangan momen. Metode ini mengasumsikan bahwa keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada permukaan longsor berbentuk lingkaran (sirkuler) dengan titik 0 sebagai titik pusat rotasi. Metode ini juga menganggap bahwa gaya normal (W) bekerja ditengah tengah-tengah slice (irisannya). Diasumsikan juga bahwa resultan gaya-gaya antar

irisannya pada tiap irisan adalah sama dengan nol atau resultan gaya-gaya antar irisan diabaikan.

Metode ini dapat dipengaruhi oleh air tanah dan sebaliknya, sehingga untuk yang dipengaruhi oleh air dan tidak dipengaruhi air dapat dilihat pada persamaan (6) dan (7).

$$F = \frac{\sum c \alpha_i + (W_i \cos \theta_i - \mu_i \alpha_i) \tan \phi}{\sum W_i \sin \theta_i} \quad (6)$$

$$F = \frac{c L + \tan \phi (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)} \quad (7)$$

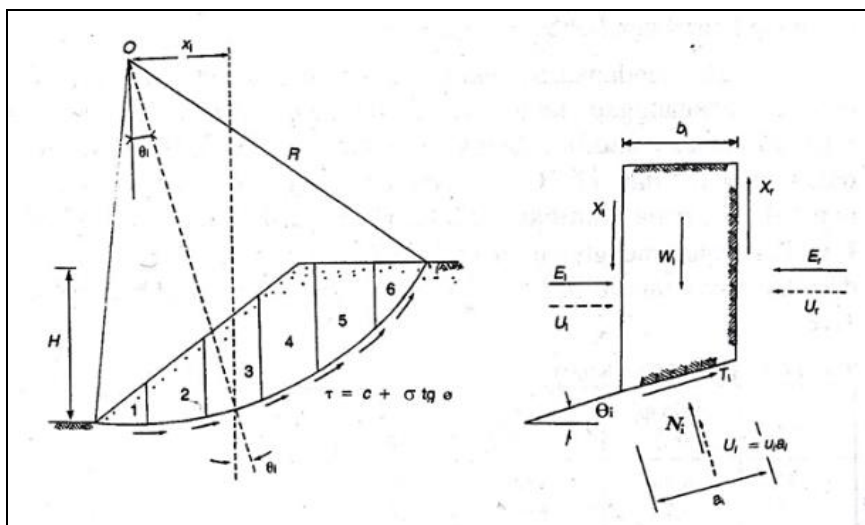
F adalah faktor aman, c adalah kohesi (kN/m<sup>2</sup>), L adalah panjang irisan (m), φ adalah sudut geser dalam (°), W<sub>i</sub> adalah bobot satuan isi tanah (γ kN/m<sup>3</sup>), α<sub>i</sub> adalah sudut bidang gelincir pada tiap irisan (°), dan α sudut bidang gelincir pada tiap sayatan (°).

**Software Rocscience Slide**

*Rockscience Slide* adalah salah satu *software* geoteknik yang mempunyai spesialisasi sebagai *software* perhitungan kestabilan lereng.

Penggunaan aplikasi ini untuk membantu dalam analisis kestabilan lereng. Hal ini dikarenakan analisis tersebut memiliki tingkat kerumitan yang cukup tinggi, memiliki banyak variabel yang dipengaruhi oleh akurasi parameter yang dimasukkan terkait kondisi sebenarnya. Perhitungan detail dan unsur ketidakpastiannya cukup besar (diwakili oleh parameter probality) sehingga jika perhitungan dilakukan secara manual akan memakan waktu yang cukup lama dan akurasinya bisa saja tidak maksimal.

Secara umum langkah-langkah analisis kestabilan lereng dengan *Rocscience Slide* adalah pemodelan, identifikasi metode dan parameter perhitungan, identifikasi material, penentuan bidang gelincir, *running* (kalkulasi), serta interpretasi nilai Faktor Keamanan (FK) dengan *software* komplemen *Slide* bernama *Slide Interpret*.



Gambar 3. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan (Hardiyatmo, 2010)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui nilai kestabilan lereng, terdapat beberapa hal yang perlu dilakukan. Hal-hal tersebut adalah menentukan geometri lereng dan melakukan uji laboratorium yang terdiri dari uji sifat fisik dan mekanik.

### 1. Geometri Lereng Asli

Pengukuran geometri lereng asli di Kampung Iggramui dapat dilihat pada Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 2. Geometri lereng asli

Titik	Jarak Lapangan (m)		Slope (°)	Keterangan (Tampak Depan)
	Tinggi Lereng (miring)	Lebar Lereng		
1	16,70	1,20	83	Sisi Kiri
2	17,39	1,70	82	Tengah
3	17,21	2,95	84	Sisi Kanan
Rata-rata	17,10	1,95	83	-

Tabel 3. Jarak antar titik pengukuran dan pengambilan sampel

Titik Pengukuran	Jarak Pengukuran (m)	
	Jarak Antar Titik Pengukuran	Jarak Antar Titik Pengambilan Sampel
1-2	3,24	9,35
2-3	3,51	7,75
Total	6,75	17,10

Tabel 4. Hasil pengujian kadar air

Sampel	Berat Cawan Kosong (W3) (g)	Cawan + Tanah Kering (W2) (g)	Cawan + Tanah Asli (W1) (g)	Kadar Air (W) (%)
I	13,23	20,90	23,63	35,6522
II	13,53	21,37	24,17	35,7447
III	13,8	21,77	24,37	32,6360
Rata-rata Kadar Air (W) (%)				34,6776

Tabel 5. Hasil pengujian bobot isi ( $\gamma$ )

Sampel	Berat Ring (W1) (g)	Tanah + Ring (W2) (g)	Tanah Asli (Ws) (g)	Bobot Isi Tanah ( $\gamma$ ) gram/cm <sup>3</sup>
I	90,61	209,64	119,03	7,34
II	90,72	207,44	116,72	7,58
III	90,61	208,40	117,79	7,26
Rata-rata Bobot Isi Tanah				7,39

Tabel 5. Rekapitulasi nilai pengujian kuat geser langsung

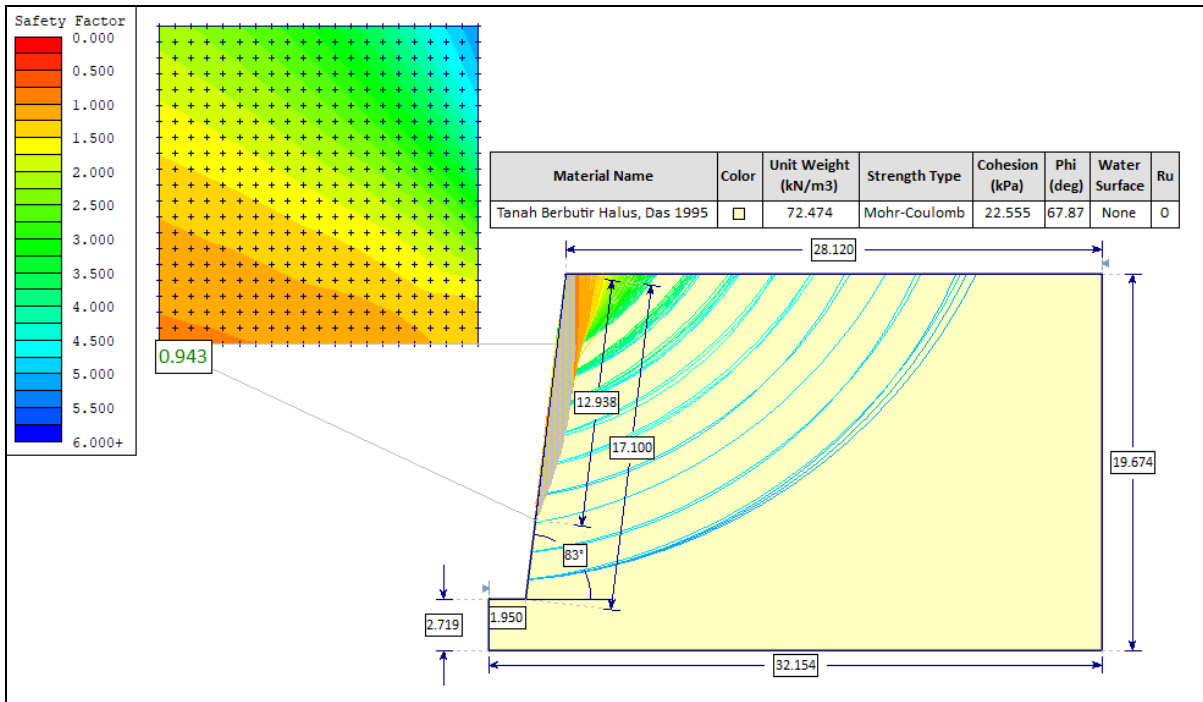
Tegangan Normal ( $\sigma$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )			Tegangan Geser ( $\tau$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )		
Sampel					
I	II	III	I	II	III
0,032	0,063	0,127	0,362	0,388	0,543
Koehsi (c)			Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )		
Eliminasi II-I	Eliminasi III-II	Eliminasi II-I	Eliminasi II-I	Eliminasi III-II	Eliminasi III-II
0,336	0,232	39,077	67,878		

**Faktor Keamanan (FK) Lereng Asli Berdasarkan Metode Fellenius dan Bishop**

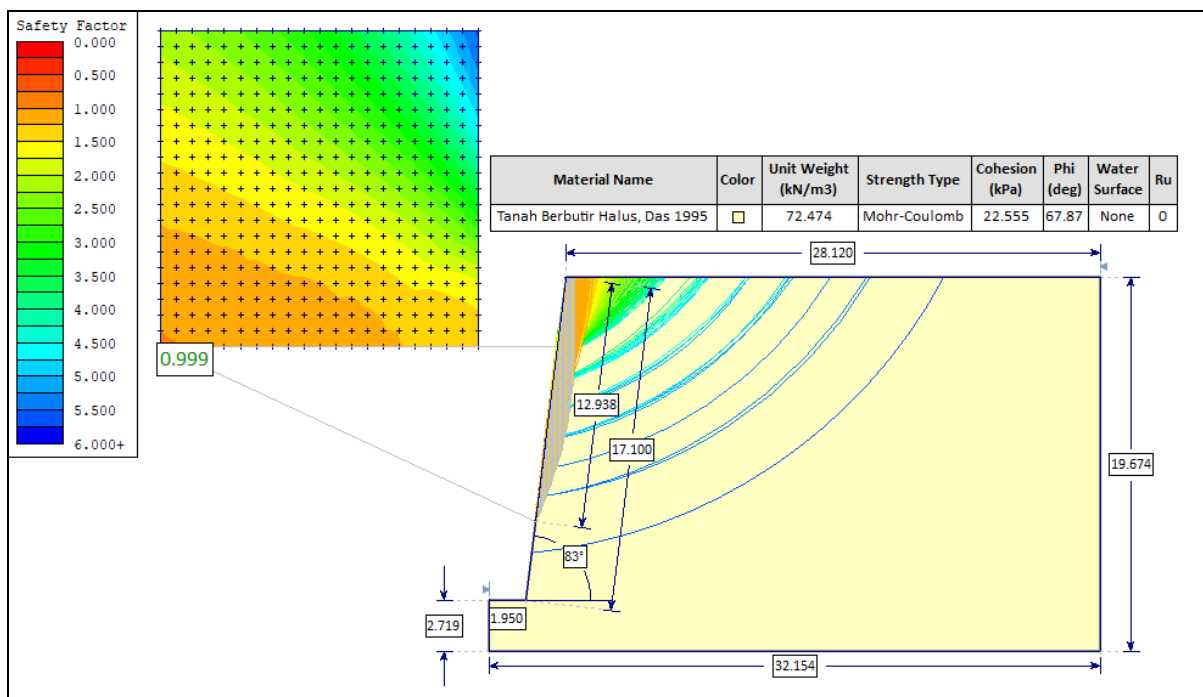
Perolehan nilai Faktor Keamanan berdasarkan metode Fellenius (Gambar 4) dan Bishop (Gambar 5). Parameter pengujian yang akan digunakan dalam interpretasi nilai faktor keamanan adalah nilai Bobot isi ( $\gamma$ ) 72,474 kN/m<sup>3</sup>, Kohesi (c) 22,555 kPa, Sudut Geser dalam ( $\phi$ ) 67,87° serta rancangan geometri lereng asli.

Pada umumnya kelongsoran terjadi karena dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah baik secara fisik

atau mekanik. Hal ini dibuktikan oleh hasil pengujian sifat fisik dan mekanik yang telah dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai uji kadar air 34,67%, bobot isi 72,474 kN/m<sup>3</sup>, kohesi 22,55 kPa dan sudut geser dalam 67,87° sangat mempengaruhi faktor keamanan (FK) lereng di area penelitian. Berdasarkan bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam tersebut diperoleh nilai FK dengan metode Fellenius 0,943 dan metode Bishop 0,999, dikategorikan sebagai lereng labil, dimana longsor biasa terjadi/sering.



Gambar 4. Faktor keamanan lereng asli dengan metode *Fellenius*



Gambar 5. Faktor keamanan lereng asli dengan metode *Bishop*

**KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Nilai FK pada lereng di Kampung Ingramui adalah 0,943 untuk metode Fellenius dan 0,999 untuk metode Bishop.
2. FK lereng pada Kampung Ingramui dikategorikan sebagai lereng labil (longsor biasa terjadi/sering).

**DAFTAR PUSTAKA**

Bishop, A.W. (1955), *The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slope*. Geotechnique, 5(10), 129-150. ISSN 0016-8505. London.

Bobrowsky, P. & Highland, L.M. (2008), *A Guide to Understanding Landslides*. U.S Geological Survey. Virginia.

Bowles E. Joseph. (1979), *Physical and Geotechnical Properties of Soil*. Bradley University: United States.

Lambe, T.W., & Whitman, R.V. (1969), *Soil Mechanics*. New York.

Seegmiller, J.L. (1972), *Slope Stability in Surface Mining*. United States.

Terzaghi, K. (1925), *Principles of Soil Mechanics In Engineering Practice*. Granada: London.