



Civil Engineering – Research Article

Analisis Stabilitas Lereng terhadap Longsor dengan Menggunakan Metode Fellenius di Desa Noelmina Takari

Siti Aisyah Penu Wuri

Program Studi Teknik Perancangan Irigasi dan Penanganan Pantai, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

ARTICLE INFORMATION

Received: September 13, 2024

Revised: October 15, 2024

Available online: December 01, 2024

KEYWORDS

Faktor keamanan, perubahan geometri lereng, stabilitas lereng

CORRESPONDENCE

Siti Aisyah Penu Wuri

E-mail: aispenuwuri09@gmail.com

ABSTRACT



CrossMark

Longsor merupakan gerakan massa tanah atau batuan pada bidang longsor yang potensial. Umumnya kelongsoran pada suatu lereng dapat disebabkan oleh beberapa faktor pengaruh seperti misalnya, kondisi massa batuan, pengaruh air, pengaruh rayapan, dan kondisi geologi pada daerah lereng itu sendiri, dan pengaruh iklim (misalnya intensitas curah hujan yang meningkat). Peningkatan curah hujan yang terjadi menyebabkan lereng mengalami peningkatan pada tekanan air pori, yang kemudian berakibat pada penurunan kuat geser dan sudut geser dalam, hal ini selanjutnya akan menyebabkan terjadinya longsor. Pada bulan Februari 2023, terjadi longsor di lereng desa Noelmina Kecamatan Takari Kabupaten Kupang setelah terjadi peningkatan curah hujan, peristiwa ini menyebabkan tertimbunnya ruas jalan nasional oleh material longsor sehingga tidak dapat dilalui oleh kendaraan. Oleh karena itu, maka dilakukanlah analisis stabilitas lereng terhadap longsor di Desa Noelmina Kecamatan Takari Kabupaten Kupang. Dari analisis yang dilakukan diperoleh hasil bahwa lereng Desa Noelmina berada dalam kondisi yang tidak stabil atau dengan kata lain stabilitas lereng pada lereng Desa Noelmina dalam kondisi tidak aman karena memiliki Faktor Keamanan Sebesar 1,030 (<1,5) sehingga memiliki potensi untuk mengalami kelongsoran. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan berupa re-desain kembali geometri lereng pada lereng Desa Noelmina, Kecamatan Takari Kabupaten Kupang. Selain penanganan tersebut, di masa yang mendatang perlu dilakukan analisis lanjutan terkait penangan fisik lain yang dapat dilakukan pada lereng Desa Noelmina, seperti penanganan kelongsoran dengan mengontrol drainase di bawah kaki lereng.

PENDAHULUAN

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang tidak rata atau membentuk sudut tertentu, apabila lereng berada dalam kondisi stabilitas yang terganggu maka akan terjadi kelongsoran tanah. Longsor ini secara umum dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah intensitas curah hujan yang meningkat. Intensitas curah hujan ini kemudian menyebabkan peningkatan air pori, yang kemudian berakibat pada penurunan kuat geser dan sudut geser dalam, dan selanjutnya akan menyebabkan longsor.

Analisis stabilitas lereng merupakan analisis yang dilakukan pada permukaan tanah yang tidak horizontal. Tujuan dilakukannya

analisis stabilitas ini adalah untuk memastikan apakah lereng berada dalam kondisi stabil atau tidak.

Berdasarkan latar belakang di atas guna mengetahui atau memperoleh nilai faktor keamanan serta memberikan rekomendasi berupa penanganan terhadap kelongsoran dengan cara mengubah geometri lereng, apabila lereng berada dalam kondisi yang tidak stabil, maka penulis terdorong untuk melakukan penelitian dengan judul analisis stabilitas terhadap longsor di Desa Noelmina Takari. Adapun kondisi fisik dari desa Noelmina sendiri berbatasan langsung dengan sungai noelmina serta memiliki kemiringan yang curam, sehingga menyebabkan daerah ini sangat berpotensi terhadap kelongsoran apalagi jika dipicu oleh peningkatan curah hujan.



TINJAUAN PUSTAKA

Longsor

Longsor merupakan gerakan massa tanah atau batuan pada bidang longsor yang potensial. Gerakan massa tanah adalah gerakan melorot atau jatuh ke bawah dari material pembentuk lereng, yang dapat berupa tanah, batu, tanah timbunan, atau campuran dari material lain. Apabila gerakan massa tanah ini sangat berlebihan, maka dapat disebut dengan tanah longsor (*landslide*). Gerakan massa pada umumnya disebabkan oleh gaya-gaya gravitasi dan kadang-kadang terjadi karena adanya getaran atau gempa. Gerakan massa tanah yang berupa tanah longsor dapat terjadi karena adanya keruntuhan geser pada sepanjang bidang longsor yang merupakan batas Bergeraknya massa tanah atau batuan. Pada umumnya peristiwa longsor dianggap terjadi saat tegangan geser rata-rata di sepanjang bidang longsor sama dengan kuat geser tanah atau batuan yang dapat ditentukan dari pengujian laboratorium atau uji lapangan. Tetapi ketika terjadi keruntuhan bertahap, longsor tanah dapat terjadi ketika nilai tegangan geser lebih kecil dari kuat gesernya. Keruntuhan bertahap umumnya diikuti oleh distribusi tegangan yang tidak seragam di sepanjang bidang longsornya (Hardiyatmo 2012). Kerusakan yang ditimbulkan oleh gerakan massa tanah tidak hanya bersifat langsung seperti rusaknya fasilitas umum, adanya korban jiwa, dan lainnya, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan tidak langsung yang dapat melumpuhkan kegiatan pembangunan dan aktivitas ekonomi pada daerah bencana maupun daerah sekitar bencana. Umumnya peristiwa longsor tersebut cenderung semakin meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia (Hardiyatmo 2012).

Stabilitas Lereng

Lereng (*slope*) juga dapat didefinisikan sebagai bagian dari permukaan bumi yang membentuk sudut tertentu terhadap sumbu horizontal, atau dengan kata lain lereng adalah permukaan tanah yang memiliki dua elevasi yang berbeda dimana permukaan tanah tersebut membentuk sudut. Suatu lereng dipengaruhi oleh komponen gravitasi yang cenderung akan menggerakkan tanah ke bawah. Apabila komponen gravitasi pada lereng lebih besar dalam menggerakkan tanah sehingga melampaui perlawanannya terhadap pergeseran yang dilakukan oleh tanah pada bidang longsornya, atau dengan kata lain stabilitas lereng tersebut dalam kondisi yang terganggu maka akan mengakibatkan kelongsoran tanah pada lereng.

Selain itu, terdapat faktor-faktor lain yang dapat menyebabkan kelongsoran suatu lereng, faktor-faktor ini dapat berasal dari dalam lereng maupun dari luar lereng. Faktor-faktor penyebab kelongsoran ini antara lain: iklim (curah hujan), gempa, vegetasi, situasi sekitar lereng, kelembaban tanah, rembesan dan aktifitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi.

Stabilitas pada suatu lereng dipengaruhi oleh dua gaya yaitu gaya penggerak dan gaya penahan yang terdapat pada lereng tersebut. Gaya penggerak merupakan suatu gaya yang dapat mempercepat terjadinya kelongsoran tanah pada lereng,

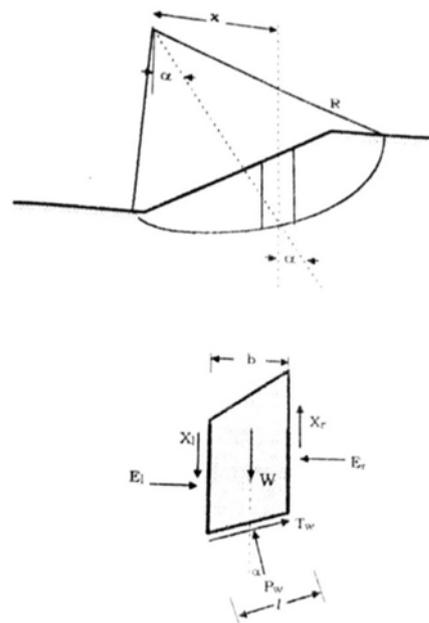
sementara itu gaya penahan merupakan gaya yang dapat mempertahankan stabilitas dari suatu lereng. Apabila nilai gaya penahan pada lereng lebih besar dari gaya penggerak maka lereng tersebut dapat dikatakan stabil.

Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellenius

Metode Fellenius yang diperkenalkan pertama kali oleh Fellenius (1927, 1936) menganggap bahwa gaya yang mempunyai sudut kemiringan paralel dengan dasar irisan FK dihitung menggunakan keseimbangan momen. Fellenius mengemukakan metode ini dengan menyatakan asumsi bahwa sebuah keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada suatu permukaan longsor berbentuk lingkaran (sirkuler) dengan titik O sebagai titik pusat dari rotasi. Metode ini juga menganggap bahwa gaya-gaya normal (P) bekerja ditengah-tengah slice. Diasumsikan pula bahwa resultan gaya-gaya antar irisan pada tiap irisan adalah nol, atau dengan kata lain bahwa resultan gaya-gaya antar irisan diabaikan (Pangemanan, Turangan A. E., and Oktovian B. A. Sompie 2014).

Jadi total asumsi yang dibuat oleh metode ini adalah:

1. Posisi gaya normal (P) terletak di tengah alas irisan: n
 2. Resultan gaya antara irisan sama dengan nol: n-1, total: 2n-1
- Dengan adanya anggapan ini maka persamaan keseimbangan momen untuk seluruh irisan terhadap titik pusat rotasi dapat diuji dan diperoleh suatu nilai faktor keamanan.



Gambar 1 Lereng dengan busur lingkaran bidang (Pangemanan, Turangan A. E., and Oktovian B. A. Sompie 2014)

Pada gambar 1 diperlihatkan suatu lereng dengan sistem irisan dengan berat sendiri massa tanah (W) serta analisis komponen gaya yang timbul dari berat massa tanah tersebut yang terdiri dari gaya antar irisan yang bekerja di samping kanan irisan (E_r dan X_t). Pada bagian alas dari irisan, gaya berat (W) diuraikan menjadi gaya reaksi normal (P_w) yang bekerja secara tegak lurus dari alas irisan dan gaya tangensial yang bekerja sejajar irisan.

Besarnya lengan gaya (w) dirumuskan dengan:

$$x = R \sin \alpha \quad (1)$$

Dengan:

R = Jari-jari lingkaran longsor

α = Sudut pada titik O yang dibentuk antara garis vertikal

dengan jari-jari lingkaran longsor

Dengan menggunakan prinsip dasar serta asumsi-asumsi yang telah dikemukakan, maka faktor keamanan dapat diuraikan menjadi:

$$s = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (2)$$

Dengan:

s = Kuat geser tanah

c' , = Kohesi tanah efektif

σ' , = Tegangan normal efektif

ϕ' , = Sudut geser dalam tanah efektif

Tegangan normal efektif dinyatakan dengan:

$$\sigma' = \sigma - u \quad (3)$$

Dengan:

σ = Tegangan normal total

u = Tekanan air pori

Dan tegangan normal yang bekerja pada bidang longsor dinyatakan dengan:

$$\sigma = \frac{P_w}{l \cdot 1} \quad (4)$$

Dengan:

P_w = Gaya normal akibat berat sendiri tanah

l = Lebar alas irisan

1 = Satu satuan lebar bidang longsor

Substitusikan persamaan 3 ke dalam persamaan 2 sehingga:

$$s = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \quad (5)$$

Dan substitusikan persamaan 4 ke dalam persamaan 5 sehingga:

$$s = c' + \left(\frac{P_w}{l \cdot 1} - u \right) \tan \phi' \quad (6)$$

Agar lereng stabil maka gaya-gaya yang mengakibatkan longsor harus memiliki nilai yang lebih kecil dari gaya-gaya yang ada sehingga faktor keamanan akan lebih besar atau sama dengan satu.

Atau dengan kata lain menjadi:

$$FK = \frac{\text{Tegangan geser yang ada}}{\text{Tegangan geser yang menyebabkan longsor}} \quad (7)$$

Jika dinyatakan dalam bentuk rumus menjadi:

$$F = \frac{s}{\tau} \quad (8)$$

Dan tegangan geser menjadi:

$$\tau = \frac{s}{F} \quad (9)$$

Gaya geser yang diperlukan adalah:

$$S = \tau \cdot l \cdot 1 \quad (10)$$

Dengan:

τ = Tegangan geser

S = Gaya geser

Jika persamaan 9 disubstitusikan pada persamaan 10, maka diperoleh:

$$S = \frac{s \cdot l \cdot 1}{F} \quad (11)$$

Atau

$$S = \frac{1}{F} (s \cdot l) \quad (12)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 6 ke dalam persamaan 11, maka diperoleh:

$$S = \left[\frac{1}{F} \left(c' + \left\{ \frac{P_w}{l} - u \right\} \tan \phi' \right) l \right] \quad (13)$$

$$S = \left[\frac{1}{F} \left(c' \cdot l + \left\{ \frac{P_w \cdot l}{1} - u \cdot l \right\} \tan \phi' \right) \right] \quad (14)$$

$$S = \left[\frac{1}{F} \left(c' \cdot l + \{ P_w - u \cdot l \} \tan \phi' \right) \right] \quad (15)$$

Komponen gaya tangensial atau gaya yang bekerja sejajar irisan (T_w) adalah:

$$T_w = \tau \cdot l \cdot 1 \quad (16)$$

Substitusikan persamaan 9 ke dalam persamaan 16 sehingga:

$$T_w = \frac{s}{F} \cdot l \cdot 1 \quad (17)$$

Persamaan 16 identik dengan persamaan 11 sehingga T_w dapat dinyatakan sebagai:

$$T_w = S \quad (18)$$

Dengan memasukkan harga S pada persamaan 15 ke dalam persamaan 18 dapat dinyatakan kembali menjadi:

$$T_w = \left[\frac{1}{F} \left(c' \cdot l + \{ P_w - u \cdot l \} \tan \phi' \right) \right] \quad (19)$$

Komponen gaya normal (P_w) yang bekerja pada pusat alas akibat berat tanah (W) adalah:

$$P_w = W \cdot \cos \alpha \quad (20)$$

Komponen gaya tangensial (T_w) akibat berat massa tanah adalah:

$$T_w = W \cdot \sin \alpha \quad (21)$$

Selanjutnya dengan menguji keseimbangan momen dari seluruh irisan terhadap titik pusat rotasi yaitu titik O maka diperoleh persamaan:

$$\Sigma M = 0 \quad (22)$$

$$\Sigma W \cdot l_w - \Sigma T_w \cdot R = 0 \quad (23)$$

$$l_w = R \cdot \sin \alpha \quad (24)$$

Dengan memasukan nilai T_w pada persamaan 19 dan nilai l_w pada persamaan 24 ke dalam persamaan 23 maka diperoleh persamaan:

$$\Sigma W \cdot R \cdot \sin \alpha - \Sigma \left[\frac{1}{F} \left(c' \cdot l + \{ P_w - u \cdot l \} \tan \phi' \right) \right] \cdot R = 0 \quad (25)$$

$$\Sigma W \cdot R \cdot \sin \alpha = \Sigma \left[\frac{1}{F} \left(c' \cdot l + \{ P_w - u \cdot l \} \tan \phi' \right) \right] \cdot R \quad (26)$$

$$\Sigma W \cdot \sin \alpha = \frac{1}{F} \Sigma \left[\left(c' \cdot l + \{ P_w - u \cdot l \} \tan \phi' \right) \right] \quad (27)$$

F pada ruas kanan ditukarkan dengan komponen momen 1 gaya penggerak longsor yaitu $\Sigma W \sin \alpha$ maka diperoleh suatu persamaan faktor keamanan sebagai berikut:

$$FK = \frac{\Sigma \left[\left(c' \cdot l + \{ P_w - u \cdot l \} \tan \phi' \right) \right]}{\Sigma W \cdot \sin \alpha} \quad (28)$$

Selanjutnya dengan mensubstitusikan besarnya nilai komponen gaya normal akibat berat tanah (W) pada persamaan 20 ke dalam persamaan 28 maka Persamaan Faktor Keamanan akibat berat tanah (W) menjadi:

$$FM_w = \frac{\Sigma \left[\left(c' \cdot l + \{ W \cdot \cos \alpha - u \cdot l \} \tan \phi' \right) \right]}{\Sigma W \cdot \sin \alpha} \quad (29)$$

Ini merupakan rumus dasar Faktor Keamanan akibat berat sendiri tanah (W) yang dirumuskan oleh Fellenius yang didapat dengan cara meninjau keseimbangan momen seluruh irisan terhadap titik pusat rotasi O.

Nilai Faktor Keamanan ini adalah sama dengan perbandingan antara seluruh komponen momen penahan longsor dengan momen penyebab longsor untuk seluruh irisan yang dinyatakan dengan:

$$FM_w = \frac{\Sigma \text{ Momen Penahan Longsor}}{\Sigma \text{ Momen Penyebab Longsor}} \quad (30)$$

Geostudio

GeoStudio Office merupakan suatu paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Software ini meliputi SLOPE/W, SEEP/W, SIGMA/W, QUAKE/W, TEMP/W, dan CTRAN/W yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari suatu produk ke produk lain.

Fitur ini dapat digunakan oleh berbagai kalangan akademisi maupun profesional untuk menyelesaikan berbagai masalah geoteknik maupun geo-lingkungan seperti tanah longsor, penambangan, pembangunan bendungan, dan lain sebagainya. Sementara itu SLOPE/W merupakan produk perangkat lunak yang digunakan untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. SLOPE/W juga dapat digunakan untuk analisis masalah baik itu secara sederhana maupun secara kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekanan air pori, sifat tanah, dan beban terkonsentrasi. Selain itu, dapat pula digunakan tekanan air pori yang terbatas, tegangan statis, atau tegangan dinamik pada analisis stabilitas lereng. Software GeoStudio SLOPE/W 2012 sudah banyak diaplikasikan pada penelitian dan analisis kestabilan lereng, khususnya dengan menggunakan SLOPE/W dan SEEP/W. Pada penelitian ini analisis stabilitas lereng akan dilakukan dengan menggunakan SLOPE/W dengan cara memasukkan data indeks properti tanah dan parameter kuat geser tanah.

METODE PENELITIAN

Data yang dibutuhkan dalam penelitian

Dalam penelitian ini dibutuhkan data antara lain:

- Data Topografi
- Data Pengujian Tanah yang berupa:
 - Berat volume isi tanah (γ) = 1,30 gr/cm³ = 12,75 kN/m³
 - Sudut Geser Tanah (ϕ) = 37,64°
 - Kohesi Tanah (c) = 0,087 kg/cm² = 8,53 kPa

Data-data tersebut merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait, dalam hal ini Balai Pelaksanaan Jalan Nasional NTT, PT Maha Charisma Adiguna.

Analisis data penelitian

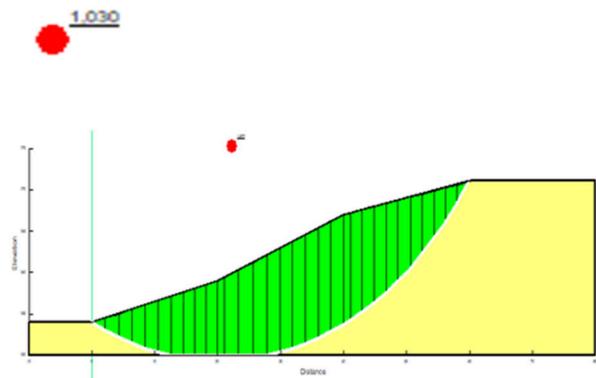
- Data Topografi
Berdasarkan data ini maka diperoleh data berupa ketinggian dan kemiringan lereng.
- Data Pengujian Tanah
Dari data ini akan di dapat data berupa data Bobot Isi Tanah (γ), Kohesi Tanah (c), dan Sudut Geser dalam (ϕ) yang akan dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng, analisis ini akan dilakukan dengan menggunakan metode Fellenius

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Stabilitas Menggunakan Software *Geostudio SLOPE/W 2018*

Dalam melakukan perhitungan stabilitas dengan menggunakan software Geostudio SLOPE/W 2018, terdapat beberapa langkah kerja yang harus dilakukan antara lain:

- Masuk pada menu Define Analyses dan lakukan setting dengan memilih analysis type Ordinary, lakukan pengaturan terhadap PWP Condition Piezometric Line, masuk pada menu Slip Surface untuk mengatur penggambaran pendugaan arah bidang longsor.
- Setelah masuk pada lembar kerja pilih menu Sketch Axes untuk mengatur koordinat sumbu yang akan digunakan untuk menggambarkan pemodelan lereng.
- Setelah masuk pada lembar kerja pilih menu Sketch Axes untuk mengatur koordinat sumbu yang akan digunakan untuk menggambarkan pemodelan lereng.
- Langkah berikutnya pilih menu Sketch Line dan lakukan penggambaran pemodelan lereng.
- Langkah berikutnya masukkan data material lereng dengan menggunakan model material Mohr-Coulomb. Data tersebut dapat di-input melalui Define Materials yang terdapat pada menu Define. Kemudian, pilih menu Draw Materials agar data dapat dimasukkan kedalam sketsa lereng yang telah dibuat. Selanjutnya, gambarkan muka air dengan menu Draw Pore-Water Pressure.
- Langkah selanjutnya yaitu menentukan Entry and Exit yang akan menjadi letak awal dan akhir dari bidang longsor. Tools yang dapat digunakan adalah Slip Surface yang terdapat pada menu Draw.
- Langkah terakhir yaitu klik Start pada Solve Managers untuk memperoleh nilai Faktor Keamanan. Serta, nilai faktor keamanan yang diperoleh sebesar 1.030.



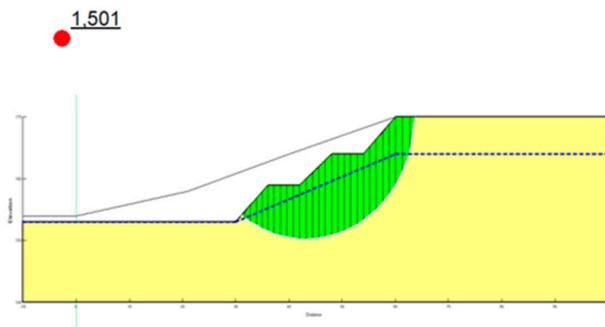
Gambar 2. Nilai Faktor Keamanan Lereng Desa Noelmina

Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,030. Nilai faktor keamanan ini lebih kecil dari nilai faktor keamanan batas aman (<1,5) sehingga lereng dapat dikatakan tidak stabil.

Metode Perbaikan dengan *Re-desain Lereng*

Setelah dilakukannya analisis di atas dan diperoleh nilai faktor keamanan yang <1,5 maka dilakukan penanganan terhadap lereng dengan cara mengubah geometri lerengnya. Berikut ini diberikan rekomendasi penanganan dengan metode perbaikan ini:

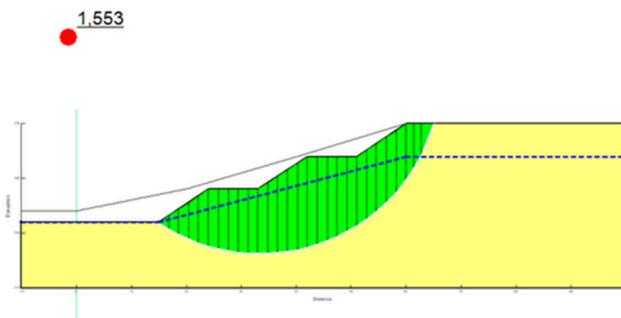
- Perubahan geometri lereng dengan perbandingan kemiringan 1:1
Pada rekomendasi perubahan kemiringan dengan perbandingan ini diperoleh nilai keamanan sebesar 1,501



Gambar 3. Nilai Faktor Keamanan Lereng Desa Noelmina Dengan Perubahan Geometri 1:1

b. Perubahan geometri lereng dengan perubahan kemiringan 1,5:1

Pada rekomendasi perubahan kemiringan ini diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,553



KESIMPULAN

Pada penelitian ini diperoleh beberapa hal guna yaitu:

1. Nilai faktor keamanan lereng Desa Noelmina, Kecamatan Takari Kabupaten Kupang adalah sebesar 1,030 ($<1,5$), berdasarkan hasil ini maka dapat disimpulkan bahwa lereng tersebut berada dalam kondisi yang tidak aman.
2. Rekomendasi perubahan geometri lereng Desa Noelmina yang dipilih berdasarkan analisis yang dilakukan sebagai metode perbaikan untuk meningkatkan stabilitasnya adalah rekomendasi perubahan geometri dengan perbandingan 1:1, sehingga faktor keamanan lereng menjadi 1,501 ($>1,5$)

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada masa yang akan datang berupa penelitian mengenai penanganan kelongsoran fisik lain yang dapat dilakukan guna mengatasi kelongsoran seperti misalnya penanganan dengan metode perbaikan mengontrol drainase pada lereng.

REFERENSI

- Agustawijaya, D. S. (2018). *Geologi Teknik*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Geologi, K. E. (2023). *Laporan Tanggapan Bencana Gerakan Tanah*. Bandung: Badan Geologi.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2018). *Mekanika Tanah 2 Edisi Keenam*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Ibrahim, H. B. (1993). *Rencana dan Estimasi Real of Cost*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Pangemanan, V. G. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius. *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (studi Kasus Kawasan Citraland)*, 41-43.
- Suryolelono, K. B. (2003). Bencana Alam tanah Longsor Prespektif Ilmu Geoteknik. *Bencana Alam tanah Longsor Prespektif Ilmu Geoteknik*, 2.

This page is intentionally left blank