

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE BISHOP DAN FELLENIOUS DI DESA MARGOPATUT, KECAMATAN SAWAHAN, KABUPATEN NGANJUK, PROVINSI JAWA TIMUR

Radilillah Pudhekarsamarsu Aprilio¹, Yudho Dwi Galih Cahyono^{2},
Sapto Heru Yuwanto³*

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Institut
Teknologi Adhi Tama Surabaya

Jl. Arief Rahman Hakim No. 100, Surabaya 60117

*Korespondensi e-mail: galih.1453@itats.ac.id

ABSTRACT

Slope stability is an important factor in work related to human safety (workers), equipment safety and smooth production around the slope. Measurement of the safety factor (FK) value is needed to determine the stability of a slope in the area. The research method used a quantitative method with a literature study approach, analysis of soil and rock samples, and collection of primary and secondary data. The research was conducted in the field on slopes A and B in Wates Hamlet and Mojo Hamlet, Sawahan District, Nganjuk Regency, East Java Province. This research uses the calculation and modeling results from Slide 6.0 software. The results showed that slope A has a slope geometry angle of 780° , slope height of 24.51 m, specific gravity (γ) 2.76 kN/m^3 , cohesion (c) 26.48 kPa and inner shear angle (ϕ) 34.450° . The condition of slope A is relatively stable with SF values ranging from 1.526 - 1.729, but becomes unstable when loaded with SF values ranging from 1.443 - 1.610. Slope B has a slope geometry angle of 850° , slope height of 12 m, specific gravity (γ) 2.64 kN/m^3 , cohesion (c) 9.44 kPa and inner shear angle (ϕ) 3.50° . The condition of slope B is unstable with SF ranging from 0.781 - 0.841, after being given additional load with SF values ranging from 0.638 - 0.685. The use of samples from slope B to increase the SF value to make the slope more stable. Slope B is not very high at 12 m with a large slope angle of 850° , so it is possible to reduce the slope of the slope. Slope reduction using a sample of calculation and modeling results on slope B with the Bishop method without load. The results of SF value calculation using Slide 6.0 software show that the slope reduction on slope B should be done to less than 40° to obtain SF value > 1.5 .

Keywords: *Slope stability, safety factor (SF), Bishop and Fellenius method*

Publikasi pada:

Journal of Geology and Sriwijaya

Institusi:

Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara, Palembang, Sumatera Selatan

Surel:

teknikgeologi@ft.unsri.ac.id

Jejak artikel:

Diterima: 08 Agu 24

Diperbaiki: 10 Okt 24

Disetujui: 19 Nov 24

Lisensi oleh:

CC BY-NC-SA 4.0



SARI

Kestabilan lereng merupakan faktor penting dalam pekerjaan yang berkaitan dengan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan dan kelancaran produksi pada sekitar suatu lereng. Pengukuran nilai faktor keamanan (FK) diperlukan untuk mengetahui kestabilan suatu lereng pada area tersebut. Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi literatur, analisis sampel tanah dan batuan, serta pengumpulan data primer dan sekunder. Penelitian dilakukan pada bidang lereng A dan B di Dusun Wates dan di Dusun Mojo, Kecamatan Sawahan, Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur. Penelitian menggunakan hasil perhitungan dan pemodelan dari *software* Slide 6.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lereng A memiliki sudut geometri lereng 78° , tinggi lereng 24,51 m, berat jenis (γ) $2,76 \text{ kN/m}^3$, kohesi (c) 26,48 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) $34,45^{\circ}$. Kondisi lereng A relatif stabil dengan nilai FK berkisar 1,526 – 1,729, namun menjadi tidak stabil jika diberikan beban dengan nilai FK berkisar 1,443 – 1,610. Lereng B memiliki sudut geometri lereng 85° , tinggi lereng 12 m, berat jenis (γ) $2,64 \text{ kN/m}^3$, kohesi (c) 9,44 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) $3,5^{\circ}$. Kondisi lereng B tidak stabil dengan FK berkisar 0,781 – 0,841, setelah diberikan beban tambahan dengan nilai FK berkisar 0,638 – 0,685. Penggunaan sampel dari lereng B untuk meningkatkan nilai FK agar lereng tersebut lebih stabil. Lereng B tidak terlalu tinggi sebesar 12 m dengan sudut *slope* yang cukup besar sebesar 85° , maka dimungkinkan untuk mengurangi kemiringan dari lereng tersebut. Pengurangan kemiringan lereng menggunakan sampel hasil perhitungan dan pemodelan pada lereng B dengan metode Bishop tanpa beban. Hasil perhitungan nilai FK menggunakan *software* Slide 6.0 menunjukkan bahwa pengurangan kemiringan pada lereng B sebaiknya dilakukan hingga kurang dari 40° untuk memperoleh nilai $FK > 1,5$.

Kata kunci: Kestabilan lereng, faktor keamanan (FK), metode Bishop dan Fellenius

PENDAHULUAN

Kestabilan lereng merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Keadaan ini berhubungan dengan bermacam-macam jenis pekerjaan, misalnya pada pembuatan jalan, bendungan, penggalian kanal, penggalian untuk konstruksi, penambangan dan lain-lain.

Analisis kestabilan lereng perlu dilakukan agar hasilnya dapat dimanfaatkan dalam manajemen bencana tanah longsor, sehingga dampak negatif dari bencana tersebut dapat diminimalkan (Amin & Cahyono, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai

kondisi fisik dan mekanik daerah penelitian, sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam analisis kestabilan lereng.

Penelitian ini melakukan pemetaan geologi, perhitungan geometri lereng, dan analisis sampel dengan uji laboratorium. Data geometri lereng dan hasil uji laboratorium dianalisis menggunakan perangkat lunak Rockscience Slide V6 untuk memperoleh nilai FK (faktor keamanan) (Cahyono, 2021).

Daerah penelitian secara geologi termasuk ke dalam zona Gunung Api Kuarter, tepatnya berada pada Gunungapi Wilis (Van Bemmelen, 1949). Penelitian dilakukan di Dusun Wates dan Dusun Mojo yang terdapat adanya tebing – tebing.

Berdasarkan hasil pengamatan di daerah tersebut, terlihat banyak bidang rekah dan memiliki kemiringan agak curam – curam yang dapat

menimbulkan kemungkinan bencana tanah longsor.

TINJUAN PUSTAKA

Kestabilan lereng (*slope stability*) sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah dalam menahan tekanan yang dapat menyebabkan keruntuhan. Analisis kestabilan lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*limit plastic equilibrium*).

Tujuan dari analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor keamanan pada bidang longsor yang potensial (Santosa & Cahyono, 2020). Teori keruntuhan material Mohr–Coulomb menurut Hoek & Brown (Wyllie & Mah, 2017), menjelaskan bahwa setiap jenis longsor dapat diasumsikan mengikuti model Mohr–Coulomb. Kekuatan material ditentukan berdasarkan kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ). Kestabilan lereng dapat dihitung berdasarkan rasio antara gaya penahan dan gaya pendorong, yang dikenal dengan istilah *Safety Factor* (FS) (Jihad dkk, 2020). Rumus perhitungan nilai *Safety Factor* (FS) pada persamaan (1) dan (2), sebagai berikut:

$$FS = \frac{\text{Resisting Forces}}{\text{Driving Forces}} \tag{1}$$

$$FS = \frac{cA + W \cos \alpha \tan \phi}{W \sin \alpha} \tag{2}$$

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop (1955) menggunakan cara potongan gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan. Metode Bishop digunakan untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip*

surface) yang berbentuk lingkaran. Metode ini mengasumsikan bahwa gaya – gaya normal total bekerja di pusat alas potongan dan dapat ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan diterapkan pada potongan – potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya – gaya yang bekerja pada irisan menghasilkan resultan nol pada arah vertikal. Metode ini merupakan ekuilibrium batas untuk analisis kestabilan lereng untuk jenis gelinciran gerak translasi dan rotasi (Ibrahim dkk, 2022). Rumus perhitungan nilai faktor keamanan (FK) dapat menggunakan persamaan (3) berikut ini:

$$FK = \frac{(\sum X / (1 + \frac{Y}{F}))}{(\sum Z + Q)} \tag{3}$$

Metode Fellenius (*ordinary method of slices*) pertama kali diperkenalkan oleh Fellenius (1936), yang menyatakan bahwa gaya bekerja dengan sudut kemiringan paralel terhadap dasar irisan dan faktor keamanan dihitung berdasarkan keseimbangan momen. Analisis stabilitas lereng dengan metode Fellenius menganggap bahwa gaya – gaya yang bekerja pada sisi kiri dan kanan dari sembarang irisan menghasilkan resultan nol pada arah tegak lurus terhadap bidang longsor (Pangemanan dkk, 2014). Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dan gaya – gaya yang bekerja diperhitungkan dengan memperhatikan tekanan air pori. Penggunaan rumus perhitungan metode Fellenius pada persamaan (4) dan (5), sebagai berikut:

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \tag{4}$$

atau

$$\begin{aligned} N_i &= W_i \cos \theta_i - U \\ N_i &= W_i \cos \theta_i - u_{iai} \end{aligned} \tag{5}$$

Faktor keamanan (FK) didefinisikan melalui persamaan (6), sebagai berikut:

$$FK = \frac{\text{Jumlah momen tahan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen berat massa tanah yang longsor}}$$

$$FK = \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Md} \tag{6}$$

Kriteria nilai FK dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kegunaan, yaitu hubungan antara nilai FK lereng dengan keruntuhan yang digunakan untuk analisis kestabilan lereng sebelum menggunakan beban dan

setelah diberi beban, guna melihat potensi kejadian atau intensitas longsor. Ambang batas nilai FK yang digunakan merujuk pada Bowles (1981) (Tabel1).

Tabel 1. Kriteria nilai FK sebelum dan sesudah diberikan beban tambahan (Bowles, 1981)

Nilai FK	Kriteria
< 1.07	Lereng Labil
1.07 – 1.25	Lereng Kritis
> 1.25	Lereng Relatif Stabil

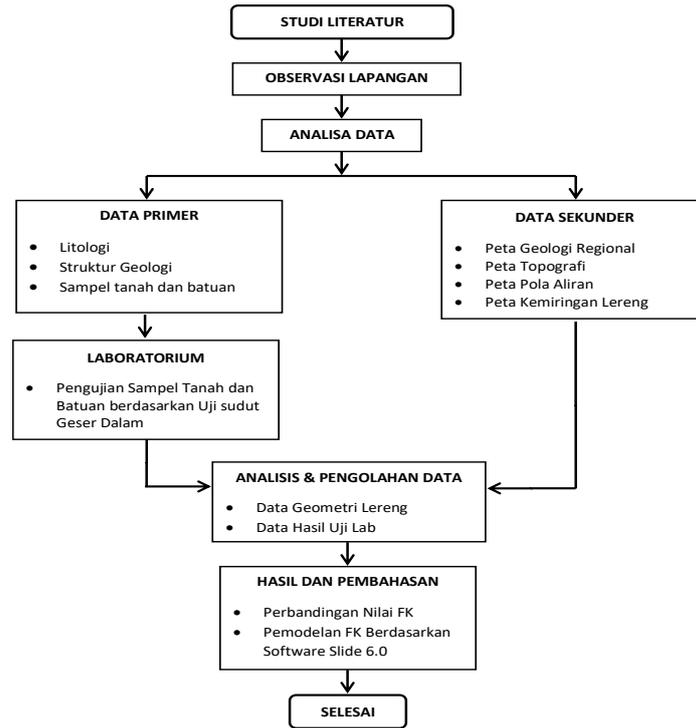
Kriteria nilai faktor keamanan (FK) yang digunakan sebagai rekomendasi dalam penerapan beban sebesar 1,5, sebagaimana yang direkomendasikan oleh Departemen Pekerjaan Umum dalam Pedoman Konstruksi dan Bangunan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2007).

Terdapat 3 (tiga) parameter utama dari hasil uji tanah di laboratorium yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng di daerah penelitian. Data tersebut merupakan data utama yang digunakan pada perangkat lunak Slide ver. 6.0 (Inayatillah, 2010). Data utama ini meliputi berat isi material dalam keadaan basah (γ), kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) (Cahyono, 2021). Pengujian sampel dilakukan di

Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS, pada tanggal 18 hingga 25 Januari 2024 oleh staf ahli yang terdapat di laboratorium tersebut

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Margopatut, Kecamatan Sawahan, Kabupaten Nganjuk, Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018. Tahapan metode penelitian dimulai dengan studi literatur, observasi lapangan, analisis dan pengelolaan data. Tahapan tersebut dapat dijabarkan dengan bagan diagram alir di bawah ini (Gambar 1):



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL

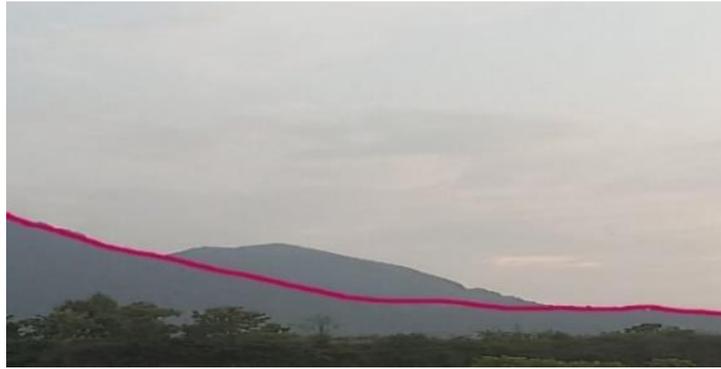
Kelerengan Daerah Penelitian

Berdasarkan klasifikasi kelas kelerengan menurut Van Zuidam (1986), area di sekitar lokasi penelitian memiliki kemiringan yang bervariasi. Pada lokasi pengambilan sampel 1 dan 2, lereng tergolong miring hingga curam. Kemiringan lereng pada sampel 1 di Dusun Wates, Desa Margopatut sebesar 78° dan kemiringan lereng pada sampel 2 di Dusun Mojo, Desa Margopatut sebesar 85° . Kemiringan lereng perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap nilai faktor keamanan (FK) lereng tersebut.

Semakin besar kemiringan lereng, semakin besar juga nilai FK yang diperlukan untuk menjaga kestabilannya.

Geomorfologi Daerah Penelitian

Berdasarkan aspek – aspek geomorfik pemerian menurut Van Zuidam (1986), daerah penelitian dibagi menjadi dua subsatuan, yaitu Satuan Lereng Gunung Api dan Satuan Kaki Lereng Fluvial Gunung Api Atas / Lereng Bawah Gunung Api Tersayat Lemah hingga Menengah. Pembagian ini dapat dilihat pada gambar (2) dan (3) di bawah ini.



Gambar 2. Kenampakan geomorfologi lereng gunung api (arah foto N 165° E)



Gambar 3. Kenampakan geomorfologi lereng bawah gunung api tersayat lemah hingga menengah (arah foto N 285° E)

Pola aliran yang terdapat di daerah penelitian dikendalikan oleh kelerengan yang terjal, struktur geologi yang berkembang, dan jenis litologi. Pola aliran di daerah penelitian ditentukan berdasarkan klasifikasi pola aliran dasar yang dikembangkan oleh A.D. Howard (1967).

Berdasarkan interpretasi pola pengaliran dari peta topografi daerah penelitian dan korelasi data geologi, pola aliran sungai di daerah penelitian menunjukkan pola paralel, dilihat dari bentuknya yang hampir sejajar antara satu sungai dengan sungai lainnya. Hal ini juga disebabkan oleh lereng yang curam.

Berdasarkan klasifikasi A.D. Howard (1967), pola aliran paralel dapat ditandai oleh daerah yang memiliki lereng landai, bentuk lahan dataran, dan lembah yang berbentuk U

atau V. Stadia sungai di daerah penelitian berkisar antara sungai muda hingga dewasa. Pola aliran ini tersebar di seluruh daerah penelitian dan berkembang pada litologi batuan lava andesit piroksen, breksi andesit piroksen, dan breksi andesit.

Pola aliran sungai perlu dianalisis lebih lanjut karena berpotensi terjadinya rembesan. Rembesan dapat meningkatkan tekanan air pori, yang menyebabkan penurunan kekuatan geser tanah. Selain itu, aliran sungai juga dapat mengakibatkan pengikisan atau erosi. Stadia dewasa pada sungai di daerah penelitian dapat menjadi indikasi terjadinya pengikisan oleh aliran sungai yang berlangsung terus – menerus. Jika hal ini terus berlanjut, kemungkinan besar akan terjadi kelongsoran pada lereng di sekitar pola aliran sungai.



Gambar 4. Sungai bentuk lembah U pada daerah penelitian (arah foto N 340° E)

Statigrafi Daerah Penelitian

Klasifikasi satuan stratigrafi daerah penelitian berdasarkan kenampakan megaskopis, ciri litologi di lapangan, dan penamaannya merupakan satuan litostratigrafi tidak resmi. Pembagian satuan tersebut didasarkan pada deskripsi ciri fisik,

dominasi batuan yang ada, serta kenampakan mineral yang dominan pada sayatan. Berdasarkan hasil pengamatan, stratigrafi daerah penelitian terdiri dari Lava Andesit Piroksen dan Breksi Andesit (Gambar 5).

Umur Geologi	Satuan Litologi	Kolom Litologi	Kesebandingan Formasi
PLISTOSEN KUARTER	Akhir	Breksi Gunung Api Berkeping Andesit	Qav (Morfoset Argokalangan)
	Tengah	Breksi Gunung Api Berkeping Andesit Piroksen	Qp (Morfoset Pawonsewu)
		Lava Andesit Piroksen	

Gambar 5. Kolom statigrafi daerah penelitian

Struktur Geologi

Daerah penelitian dijumpai kenampakan struktur geologi berupa sesar naik. Terdapat dua patahan yang saling bersilangan, dengan panjang

patahan vertikal sebesar 20,5 m dan panjang patahan horizontal sebesar 28,5 m. Posisi *hanging wall* lebih rendah dibandingkan dengan *foot wall* (Gambar 6).



Gambar 6. Sesar normal daerah penelitian

Hasil Pengujian Laboratorium

Terdapat 3 (tiga) parameter utama dari hasil uji contoh tanah di laboratorium yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng di daerah penelitian. Data tersebut merupakan

data utama yang digunakan pada *software* Slide 6.0, yang berisi berat isi material (γ), kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Berikut hasil pengujian sampel laboratorium pada lereng A dan B (Tabel 2).

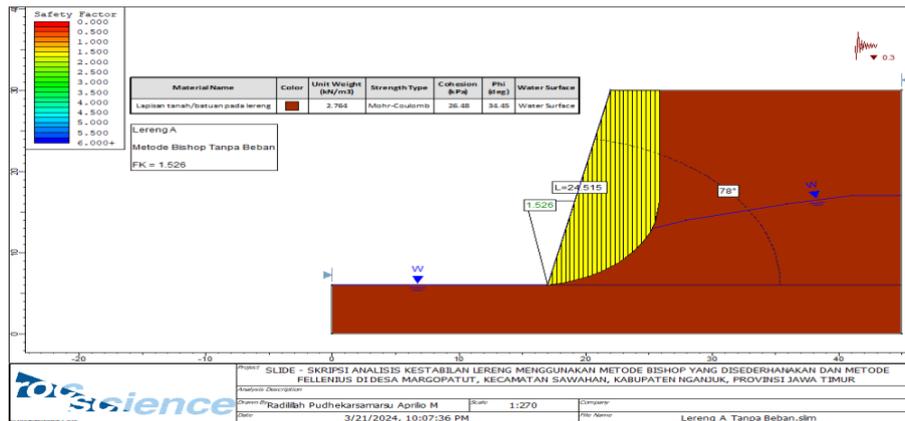
Tabel 2. Sifat keteknikan material tanah / batuan

No.	Lokasi	Sifat Keteknikan Material Tanah / Batuan		
		Berat Isi Material (γ)	Berat Isi Material (γ)	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Lereng A				
1.	Dusun Wates, Desa Margopatut	2,76 kN/m ³	26,48 kPa	34,45 ^o
Lereng B				
2.	Dusun Mojo, Desa Margopatut	2,64 kN/m ³	9,44 kPa	3,5 ^o

Analisis Kestabilan Lereng A

Nilai FK (faktor keamanan) pada lereng A direkomendasikan sebesar 1,5 berdasarkan akibat yang ditimbulkan oleh pembebanan pada lereng, baik terhadap risiko korban jiwa maupun kerugian ekonomis. Beban tambahan (*surcharge load*) yang digunakan dalam analisis ini sebesar 10 kPa (Gambar 7). Nilai beban tersebut merupakan beban di luar jalan atau beban dari bangunan

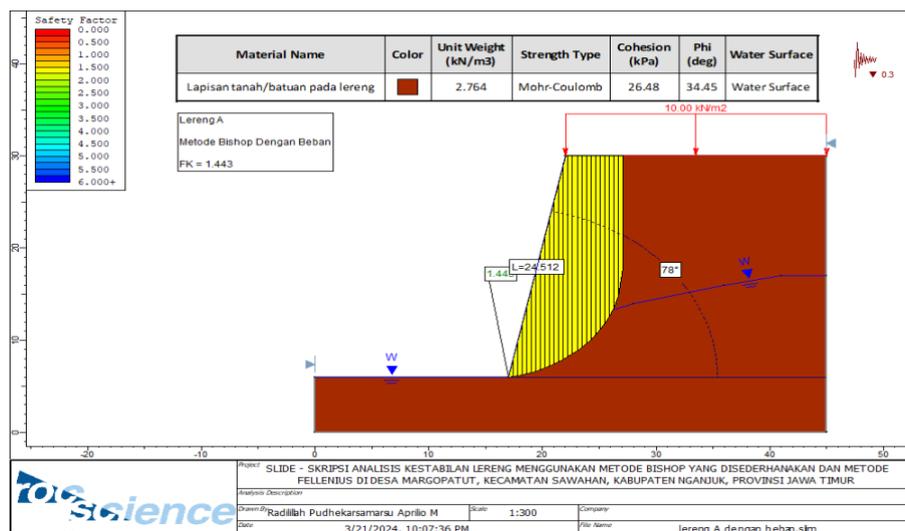
rumah – rumah di sekitar lereng, sesuai dengan Pedoman Konstruksi dan Bangunan Departemen Pekerjaan Umum (2007) dan kondisi di lapangan. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan *software* Slide 6.0 untuk membuat model lereng, dengan metode analisis menggunakan metode Bishop yang disederhanakan dan sebagai perbandingan digunakan metode Fellenius (1936).



Gambar 7. Lereng A metode Bishop tanpa beban

Analisis kedua pada lereng A Dusun Wates, Desa Margopatut menggunakan metode Bishop, dengan parameter berat jenis (γ) 2,76 kN/m³, kohesi (c) 26,48 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) 34,45⁰. Hasil

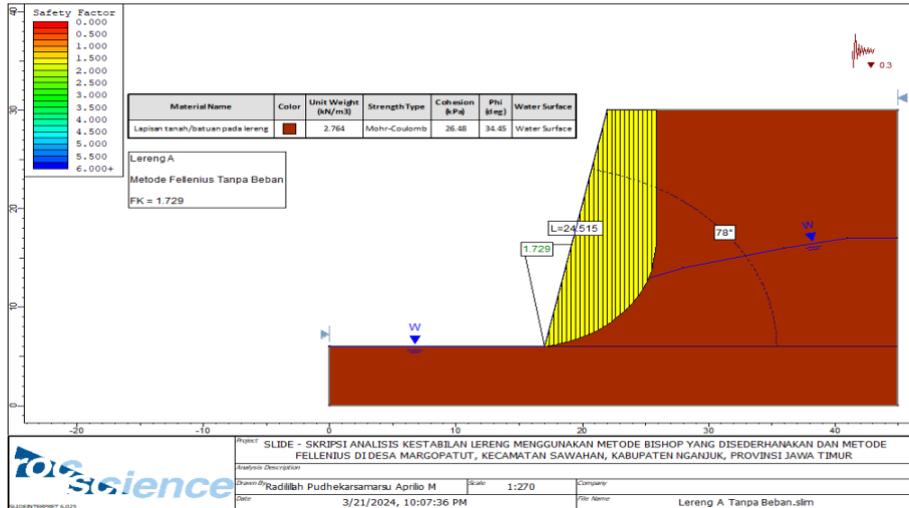
pemodelan dan dilakukan penambahan beban, diperoleh nilai FK sebesar 1,443. Berdasarkan klasifikasi kriteria, nilai FK tersebut dikategorikan sebagai relatif stabil (Gambar 8).



Gambar 8. Lereng A metode Bishop dengan beban

Analisis ketiga pada lereng A Dusun Wates, Desa Margopatut, menggunakan metode Fellenius, dengan parameter berat jenis (γ) 2,76 kN/m³, kohesi (c) 26,48 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) 34,45⁰. Hasil pemodelan

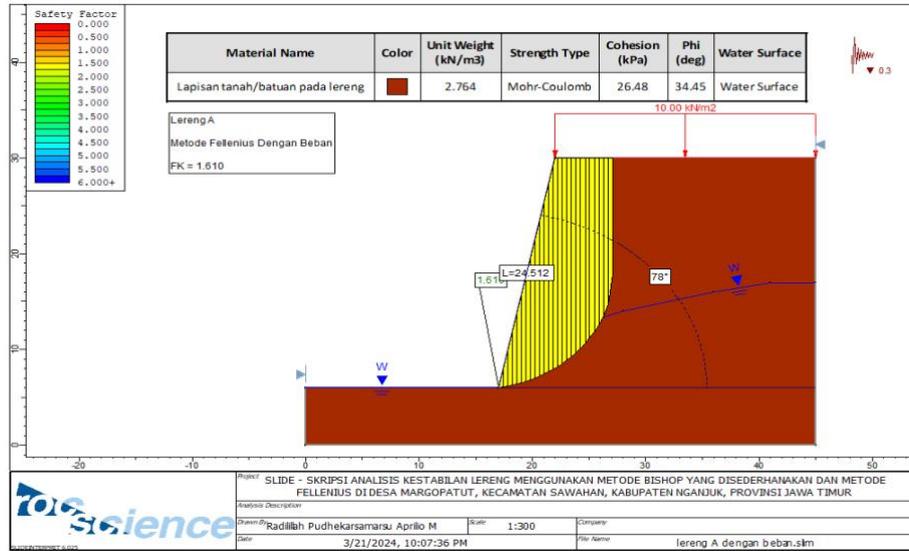
dan dilakukan tanpa beban, diperoleh nilai FK sebesar 1.729. Berdasarkan klasifikasi kriteria nilai FK dikategorikan sebagai lereng relatif stabil (Gambar 9).



Gambar 9. Lereng A metode Fellenius tanpa beban

Analisis keempat pada lereng A Dusun Wates, Desa Margopatut, menggunakan metode Fellenius, dengan parameter berat jenis (γ) 2,76 kN/m³, kohesi (c) 26,48 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) 34,45°. Hasil pemodelan

dan dilakukan penambahan beban, diperoleh nilai FK sebesar 1.610. Berdasarkan klasifikasi kriteria nilai FK dikategorikan sebagai lereng relatif stabil (Gambar 10).



Gambar 10. Lereng A metode Fellenius dengan beban

Berdasarkan hasil analisis di atas, nilai faktor keamanan lereng A di Dusun Wates, Desa Margopatut, baik

sebelum dan sesudah menggunakan beban tambahan dapat dilihat pada tabel 3, berikut ini.

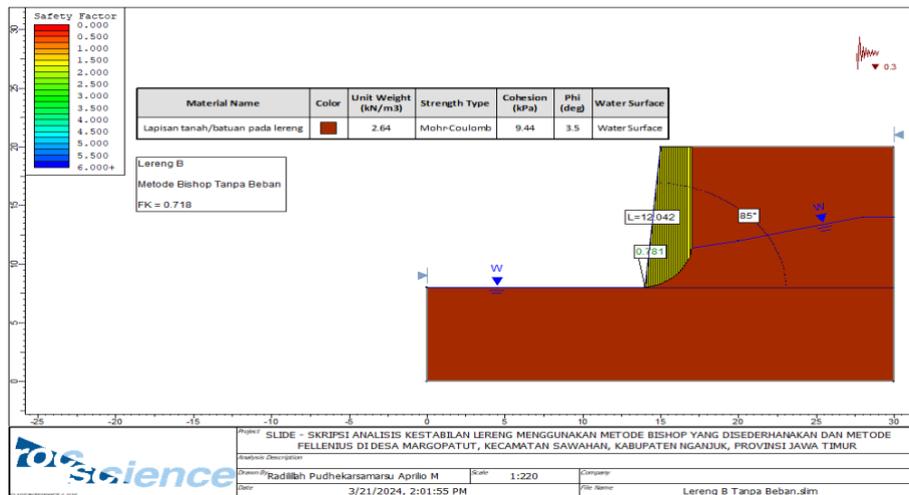
Tabel 3. Nilai faktor keamanan sebelum dan sesudah beban tambahan di Dusun Wates, Desa Margopatut

Lokasi	Nilai FK (Sebelum Beban Tambahan)	Kondisi Lereng	Nilai FK (Setelah Beban Tambahan)
Dusun Wates, Desa Margopatut	1.526 – 1.729	Lereng Relatif Stabil	1.443 – 1.610

Analisis Kestabilan Lereng B

Nilai FK (faktor keamanan) pada lereng B direkomendasikan sebesar 1,5 berdasarkan akibat yang ditimbulkan

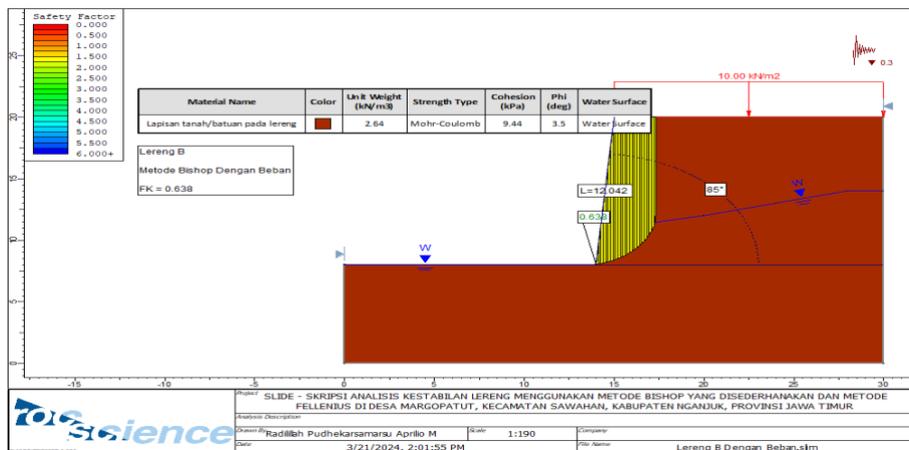
oleh pembebanan pada lereng, baik terhadap risiko korban jiwa maupun kerugian ekonomis. Beban tambahan (*surchARGE load*) yang digunakan dalam analisis ini sebesar 10 kPa (Gambar 11).



Gambar 11. Lereng B metode Bishop tanpa beban

Analisis kedua pada lereng Dusun Mojo, Desa Margopatut (B), menggunakan metode Bishop, dengan parameter berat jenis (γ) 2,64 kN/m³, kohesi (c) 9,44 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) 3,85°. Hasil pemodelan dan

dilakukan penambahan beban, diperoleh nilai FK sebesar 0.638. Berdasarkan klasifikasi kriteria nilai FK dikategorikan sebagai lereng labil (Gambar 12).



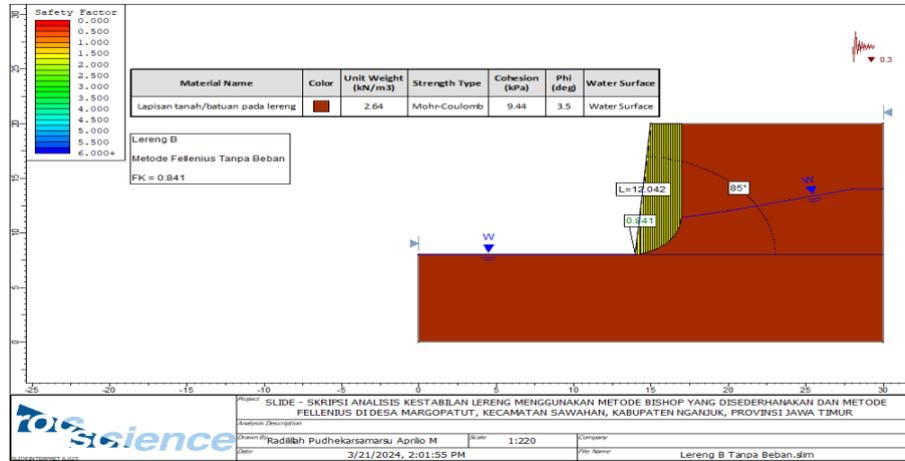
Gambar 12. Lereng B metode Bishop dengan beban

Analisis ketiga pada Dusun Mojo, Desa Margopatut (B), menggunakan

metode Fellenius, dengan parameter berat jenis (γ) 2,64 kN/m³, kohesi (c)

9,44 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) $3,5^{\circ}$. Hasil pemodelan dan dilakukan tanpa beban, diperoleh nilai FK sebesar 0.841.

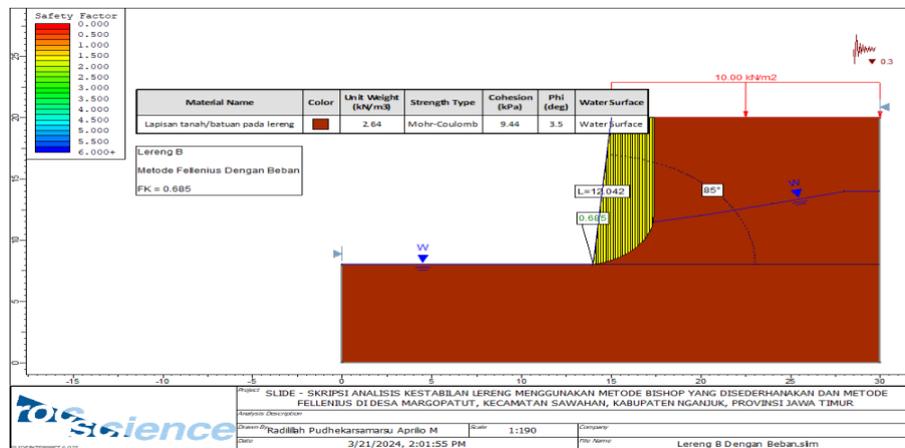
Berdasarkan klasifikasi kriteria nilai FK dikategorikan sebagai lereng labil (Gambar 13).



Gambar 13. Lereng B metode Fellenius tanpa beban

Analisis keempat pada lereng Dusun Mojo, Desa Margopatut (B), menggunakan metode Fellenius, dengan parameter berat jenis (γ) 2,64 kN/m³, kohesi (c) 9,44 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) $3,85^{\circ}$. Hasil pemodelan

dan dilakukan penambahan beban, diperoleh nilai FK sebesar 0.685. Berdasarkan klasifikasi kriteria nilai FK pada table 6.2 dikategorikan sebagai lereng labil (Gambar 14).



Gambar 14. Lereng B Fellenius dengan beban

Berdasarkan hasil analisis di atas, nilai faktor keamanan lereng B di Dusun Mojo, Desa Margopatut, baik

sebelum dan sesudah menggunakan beban tambahan dapat dilihat pada tabel 4, berikut ini.

Tabel 4. Nilai faktor keamanan sebelum dan sesudah beban tambahan di Dusun Wates, Desa Margopatut

Lokasi	Nilai FK (Sebelum Beban Tambahan)	Kondisi Lereng	Nilai FK (Setelah Beban Tambahan)
Dusun Wates, Desa Margopatut	0.781 – 0.841	Lereng Labil	0.638 – 0.685

Potensi Bencana

Potensi bencana tanah longsor terhadap sudut kemiringan lereng sangat erat kaitannya dengan kestabilan lereng itu sendiri. Sudut kemiringan lereng merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi stabilitas tanah di suatu lokasi.

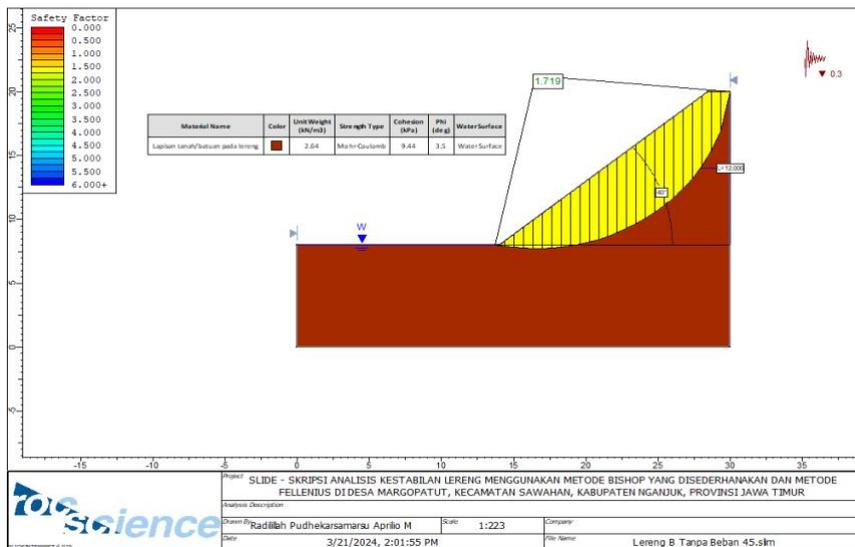
Semakin curam lereng, semakin besar potensi terjadinya longsor, terutama jika kondisi tanah atau faktor lainnya tidak mendukung kestabilannya. Nilai faktor keamanan (FK) dengan sudut kemiringan (α) sampel lereng B metode Bishop tanpa beban dapat dilihat pada tabel 5, berikut ini.

Tabel 5. Nilai faktor keamanan dengan sudut kemiringan (α) sampel lereng B metode Bishop tanpa beban

Sudut Kemiringan (α)	Faktor Keamanan (FK)
85 ⁰	0.781
75 ⁰	1.079
65 ⁰	1.184
55 ⁰	1.253
45 ⁰	1.419
40 ⁰	1.719

Hasil perhitungan nilai FK di atas menggunakan *software* Slide 6.0 dapat disimpulkan bahwa pengurangan kemiringan lereng pada Lereng B, sebaiknya dilakukan hingga mencapai

sudut kemiringan di bawah 40⁰ untuk memperoleh nilai FK > 1,5. Berikut ini hasil pemodelan lereng B menggunakan metode Bishop tanpa beban dengan kemiringan 40⁰ (Gambar 15).



Gambar 15. Lereng B metode Bishop tanpa beban dengan kemiringan 40⁰

PEMBAHASAN

Analisis lereng A menunjukkan bahwa lereng tersebut relatif stabil dengan nilai FK antara 1,526 – 1,729. Namun, lereng tersebut menjadi sedikit tidak stabil setelah diberi beban tambahan dengan nilai FK antara 1,443 – 1,610. Geometri lereng A memiliki sudut 78° , tinggi lereng 24,51 m, berat jenis (γ) $2,76 \text{ kN/m}^3$, kohesi (c) 26,48 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) $34,45^{\circ}$. Lereng B memiliki kestabilan yang lebih rendah dengan nilai FK antara 0,781 – 0,841 dan setelah diberikan beban tambahan, nilai FK menurun menjadi antara 0,638 – 0,685. Geometri lereng B memiliki sudut 85° , tinggi lereng 12 m, berat jenis (γ) $2,64 \text{ kN/m}^3$, kohesi (c) 9,44 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) $3,5^{\circ}$ dengan litologi berupa breksi andesit.

Lereng A lebih tinggi dibandingkan dengan lereng B, dengan ketinggian lereng A sebesar 24,51 m dan lereng B sebesar 12 m. Nilai FK dari lereng A lebih besar dibandingkan dengan lereng B. Pada umumnya, semakin tinggi suatu lereng maka semakin rendah pula nilai FK dari lereng tersebut. Beberapa faktor menyebabkan lereng B lebih tidak stabil dibandingkan lereng A. Pertama, pada uji sifat keteknikan material tanah/batuan, nilai berat jenis (γ), kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) bahwa lereng B lebih kecil dibandingkan dengan lereng A. Lereng A memiliki berat jenis (γ) $2,76 \text{ kN/m}^3$, kohesi (c) 26,48 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) $34,45^{\circ}$ dan lereng B memiliki berat jenis (γ) $2,64 \text{ kN/m}^3$, kohesi (c) 9,44 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) $3,5^{\circ}$. Kedua, sudut kemiringan lereng B lebih besar dibandingkan dengan lereng A. Lereng A dengan sudut 78° dan lereng B dengan sudut 85° .

Lereng B memiliki nilai FK yang kecil, sehingga diperlukan upaya untuk meningkatkan kestabilan lereng tersebut. Oleh karena itu, dilakukan pengurangan kemiringan lereng dengan menggunakan sampel lereng B untuk meningkatkan nilai FK agar lebih stabil. Ketinggian lereng B yang relatif tidak

terlalu tinggi sebesar 12 m dan sudut kemiringan yang cukup besar sebesar 85° , memungkinkan untuk dilakukan pengurangan kemiringan. Pengurangan kemiringan dilakukan menggunakan sampel lereng B dengan metode Bishop tanpa beban. Berdasarkan hasil perhitungan nilai FK menggunakan *software* Slide 6.0, dapat disimpulkan bahwa pengurangan kemiringan lereng B, perlu dilakukan hingga mencapai sudut di bawah 40° untuk memperoleh nilai FK $> 1,5$.

Berdasarkan kondisi geologi, kemiringan lereng dan faktor pengontrol lainnya, nilai FK yang aman untuk suatu lereng dengan beban tambahan sesuai rekomendasi sebesar 1,5. Jika nilai FK pada lereng kurang dari 1,5, maka tidak direkomendasikan untuk melakukan pembangunan karena risiko kerugian terhadap nyawa, harta dan benda warga sekitar sangat besar. Namun, hasil perhitungan nilai FK lebih dari 1,5 pada suatu lereng masih berisiko mengalami tanah longsor akibat faktor – faktor lain.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan pemetaan litologi, daerah penelitian terbagi menjadi dua satuan, yaitu lava andesit piroksen dan breksi andesit piroksen. Geomorfologi daerah penelitian terbagi menjadi dua satuan, yaitu Satuan Lereng Gunung Api dan Satuan Kaki Lereng Fluvial Gunung Api Atas / Lereng Bawah Gunung Api Tersayat Lemah Hingga Menengah. Pola aliran sungai di daerah ini bersifat paralel yang ditandai dengan lereng landai, bentuk lahan dataran dan lembah yang berbentuk U-V. Struktur geologi di daerah ini berupa patahan atau sesar, yang dapat diklasifikasikan sebagai sesar normal (*normal fault*), karena posisi *hanging wall* lebih rendah dibandingkan dengan *foot wall*.

Berdasarkan analisis kestabilan lereng, lereng A yang berada di Dusun

Wates, Desa Margopatut memiliki nilai FK antara 1,526 – 1,729 (sebelum menggunakan beban tambahan) dan 1,443 – 1,610 (setelah menggunakan beban tambahan). Lereng ini termasuk lereng yang relatif stabil dengan nilai FK di atas 1,5 sebelum diberikan beban, namun menjadi kurang stabil setelah diberi beban tambahan. Lereng B yang terletak di Dusun Mojo, Desa Margopatut memiliki nilai FK antara 0,781 – 0,841 (sebelum menggunakan beban tambahan) dan 0,638 – 0,685 (setelah menggunakan beban tambahan). Lereng B termasuk kategori lereng yang kritis – labil dengan nilai FK di bawah 1,5, dan juga tergolong wilayah rawan tanah longsor

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada orang tua dan istri tercinta atas semangat dan doa yang selalu diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam melancarkan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M.R. & Cahyono, Y.D.G., 2024, Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batu Andesit CV. Empat Lima Desa Morang Kecamatan Kare Kabupaten Madiun Provinsi Jawa Timur, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV*, Vol. 04, 1–9.
- Bishop, A.W., 1955, *The use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes*, *Géotechnique*, 5(1), 7–17. <https://doi.org/10.1680/geot.1955.5.1.7>
- Bowles, J.E., 1981, *Physical and geotechnical properties of soils*, London: McGraw-Hill.
- Cahyono, Y.D.G., 2021, Analisis Kestabilan Lereng Tambang Batu Gamping Menggunakan Teori Keruntuhan Hoek And Brown. *Katalog Buku Karya Dosen ITATS*, 1, 147–156.
- Fellenius, W., 1936, Calculation of the stability of Earth Dams, *Transactions 2nd Congress on Large Dams*, Washington DC, 445-462.
- Ibrahim, M.M., Jati, S.N. & Surbakti, A.F.H., 2022, Parameter Kondisi Area Disposal Saat Unit Angkut Dumping, Jobsite KDC, Kalimantan Timur, *Jurnal Pertambangan*, Vol. 6 No. 1.
- Inayatillah, A., 2010, *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Software Rocscience Slide*, Penerbit Rizki Slamet Nugroho.
- Jihad, M., Putra, R.H.K. & Sari, A.S., 2020, Kajian Stabilitas Lereng Pada Lahan Bekas Tambang Andesit, *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan Dan Kelautan (SEMITAN)*, 2(1), 41–46.
- 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), 22–28.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2007, Pedoman Umum Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan No. 06/PRT/M/2007. Regulasi, 80. http://ciptakarya.pu.go.id/dok/hukum/permen/permen_06_2007.pdf
- Santosa, F.H.P. & Cahyono, Y.D.G., 2020, Analisa Kestabilan Lereng Berdasarkan Probabilitas Kelongsoran Pada Tambang Pirofilit di PT Gunung Bale, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur, *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)*, 2(1), 423–435.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Government Printing Office, The Hague, 1–766.
- Van Zuidam, R.A., 1986, *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphological Mapping*, Smits Publishers.

Wyllie, D.C. & Mah, C.W., 2017, Rock Slope Engineering: Civil and Mining, 4th

edition. In Rock Slope Engineering: Fourth Edition.

<https://doi.org/10.1201/9781315274980>