

## PEMODELAN FAKTOR KEAMANAN LERENG BERBASIS CURAH HUJAN DAN KEMIRINGAN LERENG DI KECAMATAN SUMEDANG SELATAN

**Abdurrohman Khotim Nugraha\*, Upik Nurbaiti, Tri Sri Noor Asih**

Magister Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Kota Semarang, Indonesia

\*E-mail: [rohmann1601@students.unnes.ac.id](mailto:rohmann1601@students.unnes.ac.id)

Diterima: 23 Juni 2025

Direvisi: 30 September 2025

Dipublikasikan: 25 Oktober 2025

### ABSTRACT

*South Sumedang Subdistrict is one of the subdistricts in Sumedang Regency, West Java, with a high number of landslide incidents. The main factors causing landslides in South Sumedang Subdistrict are high rainfall and steep slopes. This is the main reason for the need for landslide disaster mitigation. [U1] The first step in landslide disaster mitigation is mathematical modeling as an early warning system. The purpose of this study is to model the mathematical equation of slope safety factor (FK) in South Sumedang Subdistrict based on rainfall and slope inclination data. The mathematical equation used is the Bowles 1996 slope safety factor (SF) equation. The data used are daily rainfall data for 2024 and slope inclination data (DEMNAS) for 2021. The data analysis technique used is mathematical modeling of the slope safety factor (FK) using a regression equation to see the relationship between variables. The results obtained are graphs of rainfall (P) and slope inclination against the slope safety factor (FK). The critical point is identified when the daily rainfall is 110 mm and the slope inclination is 35°. Rainfall and slope inclination have a negative correlation with the slope safety factor.*

**Keywords:** *disaster mitigation; landslide; rainfall; slope safety factor; slope inclination*

### ABSTRAK

*Kecamatan Sumedang Selatan adalah salah satu kecamatan di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dengan jumlah kejadian longsor yang tinggi. Faktor utama penyebab longsor di Kecamatan Sumedang Selatan adalah curah hujan yang tinggi dan kemiringan lereng yang curam. Hal ini menjadi alasan utama perlunya mitigasi bencana longsor. Langkah awal mitigasi bencana longsor adalah dengan pemodelan matematis sebagai sistem peringatan dini. Tujuan penelitian ini adalah untuk memodelkan persamaan matematis faktor keamanan lereng (FK) di Kecamatan Sumedang Selatan berbasis data curah hujan dan kemiringan lereng. Persamaan matematis yang digunakan adalah persamaan faktor keamanan lereng (FK) Bowles 1996. Data yang digunakan adalah data curah hujan harian tahun 2024 dan data kemiringan lereng (DEMNAS) tahun 2021. Teknik analisis data yang digunakan adalah pemodelan matematis faktor keamanan lereng (FK) menggunakan persamaan regresi untuk melihat hubungan antar variabel. Hasil yang didapat adalah grafik curah hujan (P) dan kemiringan lereng ( $\theta$ ) terhadap faktor keamanan lereng (FK). Titik kritis teridentifikasi saat curah hujan harian 110 mm dan kemiringan lereng 35°. Curah hujan dan kemiringan lereng memiliki korelasi negatif terhadap faktor keamanan lereng.*

**Kata Kunci:** *curah hujan; faktor keamanan lereng; kemiringan lereng; longsor; mitigasi bencana*

### A. PENDAHULUAN

Kecamatan Sumedang Selatan merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dengan risiko tinggi terhadap bencana longsor. Pada tahun 2021, kecamatan ini berada di posisi teratas dari 26 kecamatan di Kabupaten Sumedang dengan jumlah kejadian longsor terbanyak yaitu 31 kejadian (BPS Sumedang, 2024). Tingginya jumlah kejadian longsor di kecamatan ini disebabkan oleh topografi pegunungan dengan lereng curam di atas 75% dan curah hujan yang tinggi berkisar 2.000 – 3.000 mm/tahun

(Yassar et al., 2020) . Berdasarkan hal tersebut diperlukan mitigasi bencana longsor di Kecamatan Sumedang Selatan.

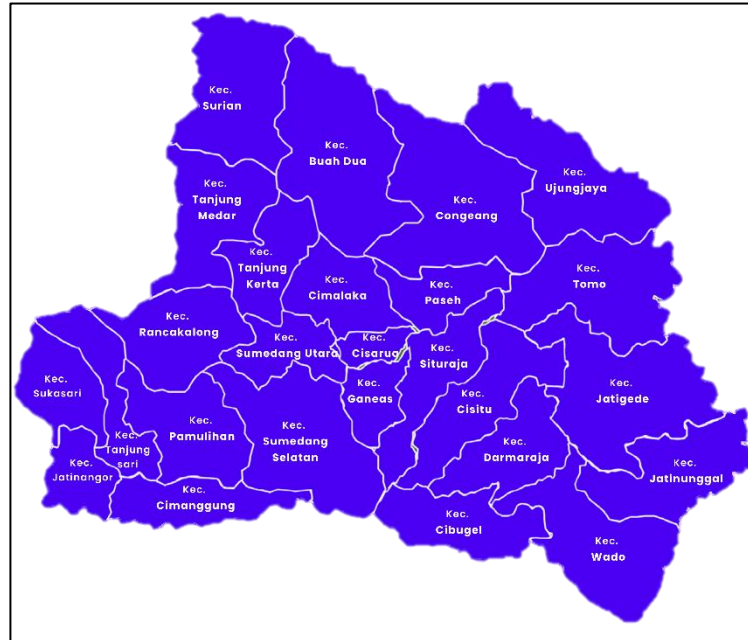
Mitigasi bencana adalah serangkaian tindakan yang dilakukan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan dari suatu bencana. Mitigasi diperlukan untuk mengurangi risiko dan kerugian yang ditimbulkan serta meningkatkan kesiagaan dan kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana (Arsyad, 2017). Salah satu langkah awal mitigasi bencana longsor adalah dengan pemodelan matematis tanah longsor menggunakan pemodelan kesetimbangan bebas (limit equilibrium) (Kumar et al., 2015), lereng tak hingga (infinite slope model)(Sugianti et al., 2022), probabilistik (Byron & Nelson, 2023) hingga pemodelan numerik (Crosta et al., 2022). Tujuan dari pemodelan matematis ini adalah untuk memprediksi wilayah rawan longsor, mengukur peluang terjadinya longsor, menyusun peta kerawanan longsor serta simulasi dan analisis dampak longsor.

Telah dilakukan pemodelan matematis tanah longsor menggunakan beberapa pendekatan di antaranya model regresi logistik (Hutomo & Maryono, 2016) dengan hasil distribusi risiko longsor tertinggi berada dekat jalan dan drainase. Hidrodinamika dan karakteristik (Tagore et al., 2025) yang hasilnya akurasi tinggi dalam merekonstruksi kedalaman dan kecepatan aliran material longsor. Persamaan air dangkal non linier (Firdaus, 2021) yang berhasil memprediksi kedalaman puncak dan kecepatan aliran material longsor. Simulasi Monte Carlo dan HEC-RAS (Firdaus, 2021) menghasilkan peta probabilitas kecepatan aliran longsor serta regresi double log dan semi log (Larasati et al., 2021) dengan hasil menunjukkan kemampuan prediksi longsor yang baik berdasarkan data intensitas hujan, kedalaman tanah dan kemiringan lereng.

Masih sedikit peneliti yang menggunakan pendekatan faktor keamanan lereng (*FK*) khususnya di Kecamatan Sumedang Selatan. Terlebih, Kecamatan Sumedang Selatan memiliki topografi kemiringan lereng yang sangat curam dengan curah hujan tahunan yang tinggi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk memodelkan persamaan matematis faktor keamanan lereng (*FK*) di Kecamatan Sumedang Selatan berdasarkan data curah hujan dan kemiringan lereng. Hasil pemodelan ini diharapkan menjadi acuan dalam melakukan upaya mitigasi bencana longsor di kecamatan tersebut.

## B. METODE PENELITIAN

Lokasi yang dijadikan model pada pemodelan matematis faktor keamanan lereng adalah Kecamatan Sumedang Selatan. Kecamatan ini merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Secara geografis, kecamatan ini berbatasan dengan Kecamatan Sumedang Utara di utara, Kecamatan Cimanggung di selatan, Kecamatan Ganeas di timur dan Kecamatan Pamulihan di barat (Gambar 1) . Lokasi ini dipilih karena memiliki kejadian longsor tertinggi di Kabupaten Sumedang.



Sumber: Pemerintah Daerah Kabupaten Sumedang  
**Gambar 1.** Peta Kabupaten Sumedang

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan dan kemiringan lereng. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian selama periode Januari – Desember 2024. Data ini berasal dari BPS Kabupaten Sumedang tahun 2025. Sedangkan data kemiringan lereng didapat dari olah data DEMNAS Kabupaten Sumedang tahun 2021. Data tersebut berasal dari Badan Informasi Geospasial Indonesia. Adapun data sekunder yang digunakan adalah data karakteristik tanah Kabupaten Sumedang yang diperoleh dari FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*). Data ini digunakan untuk menentukan nilai koefisien infiltrasi ( $\lambda$ ). Hasil yang didapat dari pengumpulan data dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Parameter Penelitian

Parameter	Nilai
Curah hujan harian (mm)	0 – 388
Kemiringan lereng (°)	15 – 75
Karakteristik tanah	Komposisi:
	%pasir = 38,9
	%lanau = 17,6
	%lempung = 43,6
	%bahan organik = 1,57

Sumber: Hasil Pengolahan Data Peneliti Tahun 2025

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan matematis faktor keamanan lereng (FK). Faktor keamanan lereng adalah rasio antara gaya penahan yang bekerja untuk menahan terjadinya longsor dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor pada suatu lereng. Nilai FK digunakan untuk menilai tingkat kestabilan lereng terhadap potensi longsor. Persamaan matematis untuk faktor keamanan lereng (FK) sebagai berikut (Bowles, 1996)

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Gelincir}}$$

Gaya penahan adalah jumlah total dari semua gaya yang melawan pergerakan massa tanah. Gaya penahan terdiri dari dua komponen utama yaitu kohesi tanah dan gaya gesek internal tanah. Kohesi tanah adalah daya lekat antar partikel tanah yang memberikan tahanan geser (Labuz & Zang, 2014). Sedangkan gaya gesek internal adalah komponen gaya yang sebanding dengan tegangan normal efektif pada bidang gelincir. Komponen gaya gesek antara lain berat satuan tanah, lebar segmen elemen tanah, tekanan pori dan sudut geser dalam efektif. Dengan demikian, gaya penahan adalah jumlah dari penahan akibat dari kohesi dan gesekan internal tanah. Persamaan matematis dari gaya penahan adalah (Bowles, 1996; Labuz & Zang, 2014)

$$\text{Gaya penahan} = c'A + (\gamma b - u) \tan \phi'$$

Keterangan

$c'$  : Kohesi tanah efektif (kPa)

$A$  : Luas bidang gelincir (m<sup>2</sup>)

$\gamma$  : Berat satuan tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$b$  : Berat segmen elemen tanah (m)

$u$  : Tekanan pori ( $\text{kN/m}^2$ )

$\phi'$  : Sudut geser dalam efektif ( $^\circ$ )

Tekanan pori merupakan tekanan air yang terdapat di dalam rongga-rongga antar butiran tanah. Tekanan ini sangat dipengaruhi oleh curah hujan. Saat hujan turun sebagian air akan meresap ke dalam tanah dan mengisi rongga butiran tanah. Jika curah hujan tinggi, tanah semakin jenuh air sehingga terjadi kenaikan muka air tanah akibat infiltrasi. Dengan demikian, persamaan matematis untuk proses ini adalah (Gudehus, 2021)

$$u = \gamma_w h_w$$

$$h_w = P(1 - \lambda)$$

Persamaan tekanan pori ( $u$ )

$$u = \gamma_w P(1 - \lambda)$$

Keterangan

$\gamma_w$  : Berat satuan air ( $9.81 \text{ kN/m}^3$ )

$h_w$  : Tinggi air akibat infiltrasi hujan (m)

$P$  : Curah hujan harian (mm)

$\lambda$  : Koefisien infiltrasi

Gaya gelincir adalah jumlah total dari semua gaya yang mendorong massa tanah untuk bergerak ke bawah. Gaya gelincir hanya terdiri dari komponen berat sejajar bidang gelincir. Persamaan matematis dari gaya gelincir sebagai berikut

$$\text{Gaya gelincir} = W \sin \theta$$

Keterangan

$W$  : Berat total segmen tanah (kN)

$\theta$  : Kemiringan bidang geser ( $^\circ$ )

Persamaan akhir faktor keamanan lereng ( $FK$ ) adalah

$$FK = \frac{c'A + (\gamma b - (\gamma_w P(1 - \lambda))) \tan \phi'}{W \sin \theta}$$

Adapun kriteria nilai  $FK$  dapat dilihat pada Tabel 2

**Tabel 2.** Kriteria Nilai  $FK$

Nilai $FK$	Kriteria	Keterangan
$< 1,07$	Lereng tidak stabil	Longsor sering terjadi, sangat berisiko
$1,07 - 1,25$	Lereng kritis	Longsor pernah terjadi, berpotensi longsor kembali
$> 1,25$	Lereng stabil	Longsor jarang terjadi, lereng aman

Sumber: Bowles, (1996)

Data kemiringan lereng dan karakteristik tanah yang berasal dari data DEMNAS dan FAO diolah menggunakan ArcMap v10.8. Data kemiringan diolah dengan teknik dengan teknik *raster analysis: slope reclassify* agar diperoleh nilai minimum dan maksimum kemiringan lereng di Kecamatan Sumedang Selatan. Data karakteristik tanah FAO diolah menggunakan teknik *extract by mask* dan *attribute join* untuk memperoleh komposisi % pasir, lanau, lempung dan bahan organik yang berguna dalam menentukan nilai koefisien infiltrasi  $\lambda$ . Selain itu asumsi nilai dari setiap variabel pada persamaan  $FK$  berasal dari hasil studi literatur. Asumsi nilai dari setiap persamaan variabel pada persamaan  $FK$  dapat dilihat pada Tabel 3

**Tabel 3.** Asumsi Nilai pada Setiap Variabel Persamaan  $FK$

Variabel	Nilai
$c'$	15 – 30 kPa
$A$	100 – 120 m <sup>2</sup>
$\gamma$	18 – 20 kN/m <sup>3</sup>
$b$	1 – 10 m
$\gamma_w$	9,81 kN/m <sup>3</sup>
$\lambda$	0,5 – 0,7
$\phi'$	15° – 25°
$W$	1.800 – 3.000 kN

Sumber: Ahmid et al., (2023); Day, (1992); Fadillah et al., (2024); Ihsan & Isya, (2024); Prawiradisastro et al., (2023)

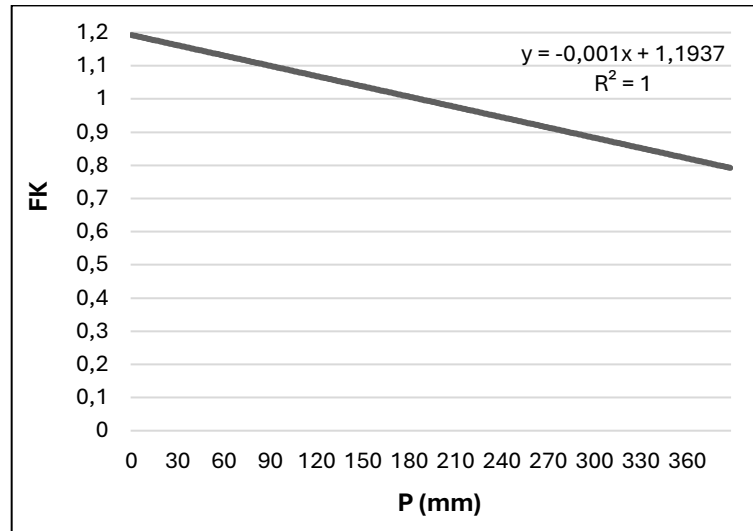
Hasil perhitungan persamaan  $FK$  dimodelkan ke dalam grafik garis 2D. Analisis data dilakukan menggunakan scatter plot dengan garis regresi. Hal ini untuk mencari korelasi curah hujan dan kemiringan lereng terhadap faktor keamanan lereng ( $FK$ ). Selain itu scatter plot digunakan untuk menentukan titik kritis curah hujan dan kemiringan lereng yang menggambarkan batas minimum kestabilan lereng.

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Korelasi Curah Hujan terhadap Faktor Keamanan Lereng

Grafik curah hujan terhadap faktor keamanan lereng dihasilkan dari perhitungan  $FK$  untuk rentang curah hujan 0 – 388 mm yang sesuai dengan kondisi di Kecamatan Sumedang Selatan tahun 2024. Nilai variabel lain dibuat tetap pada nilai median agar

mengurangi risiko kesalahan penentuan titik kritis. Grafik korelasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: Hasil Plot Peneliti

**Gambar 2.** Grafik  $P$  terhadap  $FK$

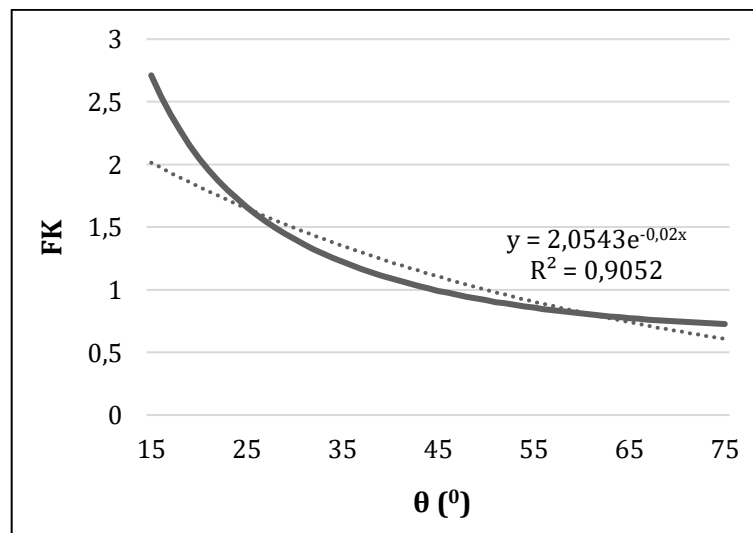
Grafik di atas berbentuk linear turun dari kiri ke kanan. Terdapat korelasi negatif antara variabel  $P$  dan variabel  $FK$ . Persamaan regresi yang dihasilkan adalah  $y = -0,001x + 1,1937$ , berarti setiap kenaikan  $P$  sebesar 1 mm akan menurunkan nilai  $FK$  sebesar 0,001. Nilai  $R^2 = 1$  menunjukkan implikasi praktis bahwa model dapat memprediksi nilai  $FK$  dengan akurasi 100% (sangat tinggi) berdasarkan nilai  $P$ . Titik kritis curah hujan berada pada nilai 110 mm. Titik ini merupakan titik ketika lereng mulai dalam kondisi berpotensi longsor (kondisi kritis) berdasarkan persamaan dan kriteria Bowles, (1996). Grafik ini sesuai dan sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Aisah & Gofar, 2022; Kottama et al., 2023) yang menyatakan bahwa curah hujan menunjukkan korelasi negatif yang konsisten terhadap faktor keamanan lereng. Curah hujan yang normal berdampak pada nilai  $FK$  yang tinggi. Sedangkan curah hujan yang tinggi berdampak pada penurunan nilai  $FK$ . Adanya penurunan nilai  $FK$  ketika terjadi curah hujan yang tinggi menjadi indikasi bahwa curah hujan berbanding terbalik dengan  $FK$ .

Lereng di Kecamatan Sumedang Selatan pada saat tidak hujan (curah hujan harian 0 mm) memiliki nilai  $FK$  sebesar 1,19. Nilai ini mulai masuk kriteria lereng kritis (Bowles, 1996). Komposisi tanah kecamatan ini menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi rendahnya nilai  $FK$ . Berdasarkan hasil pengolahan data FAO, tanah di Kecamatan Sumedang Selatan didominasi oleh tanah lempung. Tanah ini memiliki karakteristik kohesi tinggi namun sangat jenuh air (Oktaviani et al., 2024). Ketika air

hujan meresap dan masuk ke dalam tanah, air akan mengisi pori-pori antar butiran tanah. Menyebabkan tekanan air pori meningkat. Peningkatan ini akan mengurangi kekuatan geser tanah sehingga kestabilan lereng terganggu. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rabani, (2023) yang menyatakan bahwa tekanan pori yang meningkat dapat mengurangi kekuatan geser tanah sehingga tanah mudah bergerak ketika dikenakan gaya eksternal. Dengan demikian kritisnya kondisi lereng di Kecamatan Sumedang Selatan akibat dominasi tanah lempung yang memiliki karakteristik mudah jenuh air.

## 2. Korelasi Kemiringan Lereng terhadap Faktor Keamanan Lereng

Grafik kemiringan lereng terhadap faktor keamanan lereng dihasilkan dari perhitungan *FK* untuk rentang sudut kemiringan  $15^\circ - 75^\circ$  yang sesuai dengan kondisi di Kecamatan Sumedang Selatan berdasarkan olah data DEMNAS. Nilai variabel lain dibuat tetap pada nilai median agar mengurangi risiko kesalahan penentuan titik kritis. Grafik korelasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3



Sumber: Hasil Plot Peneliti

**Gambar 3.** Grafik  $\theta$  terhadap *FK*

Grafik di atas berbentuk eksponensial turun dari kiri ke kanan. Terdapat korelasi negatif yang signifikan antara variabel  $\theta$  dan variabel *FK*. Persamaan regresi eksponensial yang dihasilkan adalah  $y = 2,0543e^{-0,02x}$ , berarti nilai *FK* akan menurun secara eksponensial untuk setiap kenaikan  $\theta$ . Nilai  $R^2 = 0,9052$  menunjukkan implikasi praktis bahwa model dapat memprediksi nilai *FK* dengan akurasi 90,52% (sangat tinggi) berdasarkan nilai  $\theta$ . Titik kritis kemiringan lereng berada pada sudut  $35^\circ$ . Titik ini merupakan titik ketika lereng mulai dalam kondisi berpotensi longsor (kondisi kritis) berdasarkan persamaan dan kriteria Bowles, (1996). Grafik ini sesuai dan sejalan

dengan penelitian yang dilakukan oleh (Prasetyo et al., 2020) yang menyatakan bahwa kemiringan lereng menunjukkan korelasi eksponen negatif terhadap faktor keamanan lereng. Sudut kemiringan lereng yang landai berdampak pada nilai FK yang tinggi. Namun, nilai FK akan menurun drastis sampai di titik kritis ketika sudut kemiringan lereng berada di atas  $30^\circ$ .

Kemiringan lereng di Kecamatan Sumedang Selatan berdasarkan hasil olah data DEMNAS berada pada kriteria landai hingga sangat curam dengan rentang sudut  $15^\circ - 75^\circ$ . Semakin besar sudut kemiringan lereng, komponen gaya gravitasi akan semakin besar. Gaya gravitasi sebanding dengan gaya gelincir. Peningkatan gaya ini secara langsung berpengaruh pada penurunan faktor keamanan lereng. Stabilitas lereng terganggu akibat dominasi gaya gelincir dari gaya penahan. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Santo Frans & Nurfalaq, (2019) dan Ekawati et al., (2024). Menurut penelitian tersebut, kemiringan lereng berbanding terbalik dengan gaya gelincir yang bekerja pada lereng. Dengan demikian kritisnya kondisi lereng di Kecamatan Sumedang Selatan akibat lereng yang sangat curam.

#### **D. KESIMPULAN**

Pemodelan matematis faktor keamanan lereng (*FK*) berbasis curah hujan dan kemiringan lereng di Kecamatan Sumedang Selatan menghasilkan dua buah grafik yaitu grafik *P* terhadap *FK* dan grafik  $\theta$  terhadap *FK*. Berdasarkan grafik, korelasi curah hujan dengan faktor keamanan lereng adalah korelasi negatif. Korelasi yang sama juga terjadi pada kemiringan lereng dengan faktor keamanan lereng. Lereng dalam kondisi kritis mulai terjadi pada curah hujan 110 mm dan sudut kemiringan lereng  $35^\circ$ .

Penelitian ini merupakan penelitian pemodelan matematis faktor keamanan lereng dengan data yang diperoleh dari data sekunder berbasis sistem informasi geografis (SIG). Selain itu persamaan matematis yang digunakan masih menggunakan persamaan dan asumsi umum. Penelitian selanjutnya dapat meneliti menggunakan persamaan dan asumsi yang lebih spesifik. Data yang digunakan juga dapat menggunakan data primer yang berasal dari observasi langsung sehingga nilai dan hubungan antar variabel menjadi lebih akurat.

#### **E. DAFTAR PUSTAKA**

Ahmid, D. A., Wahyudi, T., Kusnawan, K., Cahyono, S. S., Gunawan, G., Zulfahmi, Z., Supriyanto, B. A., Tarsono, T., & Setiawan, L. (2023). Landslide Potential in Cihanjuang, Cimanggung, Sumedang, West Java Province. *Riset Geologi dan Pertambangan*, 33(2), 89–97.

- Aisah, E., & Gofar, N. (2022). Studi Pengaruh Curah Hujan Terhadap Stabilitas Lereng Menggunakan Program Perisi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 18(2), 133–147.
- Arsyad, M. (2017). Modul Manajemen Penanggulangan Bencana Pelatihan Penanggulangan Bencana Banjir. *Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Kontruksi*, 77.
- Bowles, J. E. (1996). Foundation Analysis and Design. In *Civil Engineering Materials*.
- BPS Kabupaten Sumedang. (2024). *Pengamatan Unsur Iklim 2021*. <https://sumedangkab.bps.go.id/id/statistics-table?subject=539>
- BPS Sumedang. (2024). Sumedang dalam Angka 2024. In *Badan Pusat Statistik* (Vol. 11, Nomor 1). [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484\\_SISTEM\\_PEMBETUNGAN\\_TERPUSAT\\_STRATEGI\\_MELESTARI](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI)
- Byron, | E., & Nelson, P. (2023). *Probabilistic Modeling of Landslide Hazards to Improve the Resilience of Transportation Infrastructure*. 500(July), 1–70.
- Crosta, G. B., Imposimato, S., & Roddeman, D. G. (2022). Numerical modelling of large landslides stability and runout. *Natural Hazards and Earth System Science*, 3(6), 523–538. <https://doi.org/10.5194/nhess-3-523-2003>
- Day, R. W. (1992). Effective cohesion for compacted clay. *Journal of geotechnical engineering*, 118(4), 611–619.
- Ekawati, R., Wahda, S. K., & Adi, N. P. (2024). Mekanisme Terjadinya Tanah Longsor Desa Tieng Kejajar Analisis Interaksi Gaya Gravitasi dan Kestabilan Lereng. *Lamda: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA dan Aplikasinya*, 4(3), 202–210.
- Fadillah, R., Tjahjono, B., & Dwiyantri, F. G. (2024). Landslide Hazard Analysis Based on Geographic Information Systems in Sumedang Regency. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(SpecialIssue), 147–158.
- Firdaus, K. (2021). *Model Matematika untuk Mengkaji Tsunami oleh Longsoran*.
- Gudehus, G. (2021). Implications of the principle of effective stress. *Acta Geotechnica*, 16(6), 1939–1947.
- Hutomo, I. A., & Maryono, M. (2016). Model Prediksi Kawasan Rawan Bencana Tanah

Longsor di Kecamatan Karangkojar. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 12(3), 303. <https://doi.org/10.14710/pwk.v12i3.12905>

Ihsan, H. M., & Isya, H. R. M. (2024). Utilization of Sentinel-1 for Landslide Hazard Zoning on Agricultural Land Cover in Sumedang Regency. *E3S Web of Conferences*, 600, 2003.

Kottama, G. W., Candra, A. I., Rivianto, A., Rohman, M. R. F., Budiawan, M., Taufani, M. S., & Prasetyo, M. W. (2023). Optimasi Geometri Lereng dengan Evaluasi Nilai Faktor Keamanan Menggunakan Software Geostudio. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil*, 6(2).

Kumar, G. P., Das, A., Rai, R., & Jaiswal, A. (2015). Slope Stability Analysis Using Radial Slices: A Mathematical Model. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series D*, 96(2), 189–193. <https://doi.org/10.1007/s40033-015-0065-9>

Labuz, J. F., & Zang, A. (2014). Mohr–Coulomb failure criterion. In *The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014* (hal. 227–231). Springer.

Larasati, F., Suci Richasari, D., & Mu, A. (2021). Pemodelan Regresi Double Log dan Semi Log Untuk Nilai Tanah di Daerah Rawan Tanah Longsor (Studi Kasus: Kecamatan Songgon, Kabupaten Banyuwangi). *Prosiding FIT ISI*, 1, 145–152. <https://proceedings.undip.ac.id/index.php/isiundip2021/article/view/633>

Oktaviani, I., Ngirtjuk, N., Sampurna, H., & Putra, J. (2024). KAJIAN PENGARUH PENAMBAHAN NANO SiO<sub>2</sub> PADA NILAI KOHESI DAN SUDUT GESER DALAM TANAH LEMPUNG EKSPANSIF KARAWANG. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, 21(01), 23–28.

Prasetyo, M. A., Zakaria, Z., & Sophian, R. I. (2020). Hubungan Tinggi dan Sudut Lereng Terhadap Potensi Longsor Yang Diindikasikan Oleh Faktor Keamanan pada Lereng Tunggal. *Geoscience Journal*, 4(3), 238–242.

Prawiradisastra, F., Shomim, A. F., Trisnafiah, S., Khaerani, P., Tejakusuma, I. G., & Zakaria, Z. (2023). Forensic assessment of landslides induced by environmental changes in Sumedang, Indonesia, an important step for the future disaster prevention. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1201(1), 12065.

Rabani, I. R. (2023). *Analisis Perbandingan Kestabilan Lereng Jenuh dan Lereng Tidak*

---

*Jenuh yang Dipengaruhi Infiltrasi Hujan= Comparative Analysis of Saturated and Unsaturated Slopes Stabilities Affected by Rainfall Infiltration.* Universitas Hasanuddin.

Santo Frans, J., & Nurfalaq, M. H. (2019). Studi Geoteknik Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Tambang Batubara. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 1(1), 475–488.

Sugianti, K., Yunarto, Sadisun, I. A., & Kartiko, R. D. (2022). Analysis of Maximum-Rainfall-Infiltration-Induced Slope Stability Using the Transient Rainfall Infiltration and Grid-based Regional Slope-stability Model in Cililin, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 9(2), 263–278. <https://doi.org/10.17014/IJOG.9.2.263-278>

Tagore, R. F., Helmi, M., Satriadi, A., Khoirunnisa, H., & Ismanto, A. (2025). Kajian Karakteristik dan Run-Up Gelombang Tsunami Berdasarkan Pemodelan Hidrodinamika 2D di Perairan Selatan Bali. *Buletin Oseanografi Marina*, 14(1), 90–100.

Yassar, M. F., Nurul, M., Nadhifah, N., Sekarsari, N. F., Dewi, R., Buana, R., Fernandez, S. N., & Rahmadhita, K. A. (2020). Penerapan Weighted Overlay Pada Pemetaan Tingkat Probabilitas Zona Rawan Longsor di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.13>