



## Analisis Tingkat Erosi Tanah pada Lahan Agroforestri Kopi di Kawasan Lereng Gunung Rinjani Menggunakan Metode USLE

Rizky Ramadhan Saputra <sup>a,1,\*</sup>, Dewi Lestari Handayani <sup>b,2</sup>, Ahmad Fikri Maulana <sup>c,3</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Indonesia

<sup>b</sup> Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Indonesia

<sup>c</sup> Program Studi Konservasi Sumber Daya Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

<sup>1</sup> rizkyramadhan@unram.ac.id\*; <sup>2</sup> dewilestari@ub.ac.id; <sup>3</sup> ahmadfikri@ugm.ac.id

\* Corresponding Author

### ABSTRACT

This study analyzes soil erosion levels in coffee agroforestry land on the slopes of Mount Rinjani using the Universal Soil Loss Equation (USLE) method. The research is motivated by the increasing risk of land degradation in tropical mountainous areas due to agricultural land use on steep slopes with high rainfall intensity. The study aims to identify erosion hazard levels and the main factors influencing soil loss in coffee agroforestry systems. A descriptive quantitative approach was employed through field observations, measurement of biophysical land parameters, spatial analysis, and calculation of USLE factors, including rainfall erosivity, soil erodibility, slope length and steepness, vegetation cover, and conservation practices. The findings reveal that erosion levels in the study area range from low to very high, with slope gradient and vegetation cover serving as the dominant variables affecting soil loss. Areas with dense vegetation and proper soil conservation practices exhibited lower erosion rates compared to areas with limited vegetation cover. This study argues that coffee agroforestry systems cannot effectively reduce erosion without adequate conservation management. The research contributes to the development of agroforestry-based soil conservation studies and provides an empirical basis for sustainable land management in tropical mountainous regions.

### Article History

Received 2026-03-07

Revised 2026-04-06

Accepted 2026-04-18

Published 2026-05-26

### Keywords

Coffee Agroforestry;

Soil Erosion;

Land Conservation;

USLE Method;

Mountainous Slopes

Copyright © 2026, The Author(s)

This is an open-access article under the CC-BY-SA license



## PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan pada kawasan pegunungan tropis telah meningkatkan risiko degradasi lingkungan, terutama dalam bentuk erosi tanah yang berdampak langsung terhadap penurunan produktivitas lahan, sedimentasi sungai, dan kerusakan ekosistem daerah aliran sungai. Secara global, erosi tanah menjadi salah satu persoalan lingkungan paling serius dalam sektor pertanian karena menyebabkan hilangnya unsur hara, penurunan kapasitas infiltrasi, serta berkurangnya kualitas tanah secara berkelanjutan (Alewell et al., 2019; Borrelli et al., 2017). Di kawasan negara berkembang yang memiliki topografi curam dan intensitas curah hujan tinggi, seperti Indonesia, tekanan terhadap lahan semakin meningkat akibat ekspansi pertanian pada wilayah lereng tanpa diimbangi praktik konservasi tanah yang memadai. Dalam konteks ini, sistem agroforestri kopi berkembang sebagai bentuk pemanfaatan lahan yang dinilai mampu mengintegrasikan aspek ekonomi dan konservasi lingkungan (Arsyad, 2010; Suripin, 2004). Namun demikian, efektivitas sistem agroforestri dalam menekan laju erosi tetap dipengaruhi oleh karakteristik lereng, tutupan vegetasi, pola pengelolaan lahan, dan tingkat curah hujan setempat (Blanco-Sepúlveda & Aguilar-Carrillo, 2015). Oleh sebab itu, kajian mengenai tingkat erosi pada lahan agroforestri kopi menjadi penting untuk mendukung pengelolaan lahan berkelanjutan di kawasan pegunungan tropis.

Kawasan lereng Gunung Rinjani di Pulau Lombok merupakan salah satu wilayah yang mengalami tekanan pemanfaatan lahan cukup tinggi akibat aktivitas pertanian dan perkebunan masyarakat. Sebagian besar masyarakat pada wilayah lereng memanfaatkan lahan dengan sistem agroforestri kopi karena dianggap mampu meningkatkan pendapatan sekaligus mempertahankan tutupan vegetasi. Meskipun demikian, kondisi topografi yang curam dan tingginya intensitas hujan di kawasan ini menyebabkan potensi erosi tanah tetap tinggi, terutama pada lahan yang tidak menerapkan teknik konservasi tanah secara optimal. Fenomena tersebut menunjukkan adanya hubungan kompleks antara aktivitas pertanian masyarakat dengan kerentanan ekologis kawasan lereng pegunungan. Dalam perspektif pengelolaan sumber daya alam, kondisi ini memerlukan pendekatan analisis yang mampu mengukur tingkat kehilangan tanah secara kuantitatif guna mendukung formulasi kebijakan konservasi yang berbasis data empiris. Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) menjadi salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan untuk memprediksi laju erosi karena mampu mengintegrasikan faktor erosivitas hujan, erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, tutupan vegetasi, serta praktik konservasi lahan (Wischmeier & Smith, 1978).

Kajian mengenai erosi tanah pada sistem agroforestri telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan berbagai pendekatan metodologis dan fokus analisis yang berbeda. Sejumlah penelitian menempatkan agroforestri sebagai sistem penggunaan lahan yang efektif dalam menekan limpasan permukaan dan kehilangan tanah melalui peningkatan tutupan vegetasi serta akumulasi bahan organik tanah (Hairiah et al., 2006; Devianti, 2018). Penelitian lain menekankan bahwa efektivitas agroforestri dalam mengurangi erosi sangat dipengaruhi oleh kepadatan tajuk tanaman penabung, jenis vegetasi penutup tanah, dan pola pengelolaan lahan oleh petani (Carvalho et al., 2021; Blanco-Sepúlveda et al., 2024). Sementara itu, studi berbasis metode USLE dan Sistem Informasi Geografis menunjukkan bahwa kombinasi analisis spasial dan prediksi erosi mampu memberikan gambaran tingkat bahaya erosi secara lebih komprehensif pada wilayah DAS dan kawasan lereng pegunungan (Yusuf et al., 2020). Dalam konteks Indonesia, beberapa penelitian telah mengkaji erosi pada lahan kopi di Sumatera dan Jawa, namun sebagian besar penelitian masih berfokus pada estimasi kehilangan tanah secara umum tanpa mengaitkan secara mendalam karakteristik agroforestri lokal dan kondisi biofisik spesifik wilayah penelitian (Situngkir et al., 2018).

Meskipun berbagai penelitian terkait erosi tanah dan agroforestri telah berkembang, masih terdapat keterbatasan kajian empiris yang secara spesifik menganalisis tingkat erosi pada lahan agroforestri kopi di kawasan lereng Gunung Rinjani menggunakan pendekatan USLE. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak dilakukan pada wilayah DAS skala luas atau pada sistem pertanian monokultur sehingga belum mampu menjelaskan karakteristik erosi pada sistem agroforestri kopi di kawasan pegunungan Lombok. Selain itu, minimnya data empiris mengenai hubungan antara faktor lereng, tutupan vegetasi, dan praktik konservasi lahan menyebabkan pengelolaan agroforestri di kawasan tersebut belum berbasis pada informasi tingkat bahaya erosi yang akurat. Berdasarkan kondisi tersebut, artikel ini berargumen bahwa sistem agroforestri kopi pada lereng Gunung Rinjani memiliki tingkat kerentanan erosi yang berbeda-beda tergantung pada karakteristik biofisik lahan dan pola pengelolaan vegetasi. Artikel ini menawarkan kontribusi akademik melalui penyediaan analisis empiris mengenai tingkat erosi tanah berbasis metode USLE pada kawasan agroforestri kopi di wilayah pegunungan tropis Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga memperkuat pengembangan kajian konservasi tanah berbasis pendekatan spasial dan agroekologi dalam pengelolaan sumber daya lahan berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat erosi tanah pada lahan agroforestri kopi di kawasan lereng Gunung Rinjani menggunakan metode USLE serta mengidentifikasi faktor-

faktor utama yang memengaruhi tingkat kehilangan tanah pada wilayah penelitian. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan rekomendasi ilmiah bagi pengelolaan lahan agroforestri yang lebih berkelanjutan, khususnya dalam mendukung upaya konservasi tanah dan pengurangan degradasi lingkungan pada kawasan pegunungan tropis.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan survei lapangan dan analisis spasial untuk mengkaji tingkat erosi tanah pada lahan agroforestri kopi di kawasan lereng Gunung Rinjani. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran empiris mengenai tingkat kehilangan tanah berdasarkan karakteristik biofisik lahan dan faktor-faktor penyebab erosi yang terukur secara kuantitatif. Penelitian dilaksanakan pada kawasan agroforestri kopi di wilayah lereng Gunung Rinjani, Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat, selama periode Januari hingga April 2026. Lokasi penelitian dipilih secara purposive karena kawasan tersebut memiliki topografi lereng curam, intensitas curah hujan tinggi, serta dominasi penggunaan lahan pertanian berbasis agroforestri kopi yang berpotensi mengalami degradasi tanah akibat erosi. Material object dalam penelitian ini meliputi tingkat erosi tanah, karakteristik lereng, curah hujan, jenis tanah, tutupan vegetasi, dan praktik konservasi lahan pada sistem agroforestri kopi. Pemilihan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dilakukan karena metode ini dinilai efektif dan banyak digunakan dalam penelitian konservasi tanah untuk memprediksi laju kehilangan tanah pada kawasan pertanian tropis (Wischmeier & Smith, 1978; Satriawan et al., 2021).

Sumber data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan, pengukuran langsung karakteristik lahan, dan dokumentasi kondisi agroforestri kopi pada lokasi penelitian. Observasi dilakukan pada beberapa titik sampel lahan yang ditentukan menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan tingkat kemiringan lereng dan variasi tutupan vegetasi. Pengumpulan data primer meliputi pengukuran panjang dan kemiringan lereng, identifikasi jenis vegetasi penutup tanah, serta pengamatan praktik konservasi tanah yang diterapkan petani. Selain itu, wawancara semi terstruktur dilakukan terhadap petani kopi dan pengelola lahan untuk memperoleh informasi mengenai pola pengelolaan agroforestri dan praktik konservasi tanah yang diterapkan di kawasan penelitian. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari instansi terkait seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, serta berbagai publikasi ilmiah dan laporan penelitian yang relevan dengan erosi tanah dan agroforestri kopi. Data sekunder meliputi data curah hujan, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, serta data penggunaan lahan pada kawasan lereng Gunung Rinjani.

Analisis tingkat erosi tanah dilakukan menggunakan metode USLE dengan persamaan  $A = R \times K \times LS \times C \times P$ , di mana A merupakan prediksi kehilangan tanah tahunan, R merupakan faktor erosivitas hujan, K adalah faktor erodibilitas tanah, LS menunjukkan faktor panjang dan kemiringan lereng, C merupakan faktor penutup vegetasi dan pengelolaan tanaman, sedangkan P adalah faktor tindakan konservasi tanah (Renard et al., 1997). Setiap parameter dianalisis berdasarkan data lapangan dan data sekunder yang diperoleh selama penelitian. Analisis spasial dilakukan menggunakan Sistem Informasi Geografis untuk memetakan distribusi tingkat bahaya erosi pada kawasan penelitian sehingga diperoleh gambaran sebaran wilayah dengan tingkat kerawanan erosi rendah, sedang, hingga tinggi. Hasil perhitungan erosi kemudian diklasifikasikan berdasarkan standar tingkat bahaya erosi untuk menentukan tingkat kerusakan lahan pada kawasan agroforestri kopi.

Data yang telah diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan mengintegrasikan hasil pengukuran lapangan, analisis spasial, dan interpretasi kondisi biofisik lahan. Pendekatan analisis konservasi tanah digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara karakteristik agroforestri kopi dengan tingkat kehilangan tanah pada kawasan lereng pegunungan tropis. Kerangka analisis penelitian mengacu pada teori konservasi tanah dan pengelolaan lahan berkelanjutan yang menekankan pentingnya tutupan vegetasi dan praktik konservasi dalam mengurangi erosi tanah (Morgan, 2005). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pendekatan agroekologi untuk memahami bagaimana sistem agroforestri dapat berfungsi sebagai mekanisme perlindungan tanah pada wilayah lereng dengan tingkat kerentanan erosi tinggi. Melalui pendekatan tersebut, hasil penelitian diharapkan mampu memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan strategi konservasi tanah dan pengelolaan agroforestri kopi yang lebih berkelanjutan di kawasan lereng Gunung Rinjani.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat erosi tanah pada lahan agroforestri kopi di kawasan lereng Gunung Rinjani tergolong bervariasi, mulai dari kategori rendah hingga sangat tinggi. Variasi tersebut dipengaruhi oleh kombinasi faktor erosivitas hujan, karakteristik tanah, panjang dan kemiringan lereng, tutupan vegetasi, serta praktik konservasi tanah yang diterapkan oleh petani. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisis metode Universal Soil Loss Equation (USLE), kawasan penelitian didominasi oleh lahan dengan kemiringan lereng antara 15% hingga lebih dari 40%, sehingga memiliki kerentanan tinggi terhadap degradasi tanah. Curah hujan tahunan rata-rata pada lokasi penelitian mencapai 2.100–2.500 mm/tahun dengan intensitas hujan relatif tinggi pada musim penghujan. Kondisi tersebut menyebabkan energi kinetik hujan meningkat dan memperbesar potensi pelepasan partikel tanah dari permukaan lahan. Menurut Alewell et al. (2019), wilayah tropis dengan topografi curam dan curah hujan tinggi memiliki tingkat risiko erosi lebih besar dibandingkan wilayah dataran rendah karena kombinasi faktor hidrologis dan geomorfologis yang mempercepat limpasan permukaan.

Perhitungan faktor-faktor USLE menunjukkan bahwa faktor LS (slope length and steepness) menjadi parameter dominan yang memengaruhi tingginya laju erosi pada kawasan penelitian. Semakin curam lereng, semakin besar kecepatan aliran permukaan yang mengangkut partikel tanah menuju bagian bawah lereng. Selain itu, beberapa titik pengamatan menunjukkan kondisi tutupan vegetasi yang kurang optimal akibat pembersihan gulma dan minimnya tanaman penutup tanah pada area bawah kopi. Kondisi tersebut meningkatkan keterpaparan tanah terhadap pukulan langsung air hujan sehingga memperbesar nilai faktor C (cover management factor) (Panagos et al., 2015).

**Tabel 1.** Hasil perhitungan parameter USLE pada kawasan penelitian

Faktor USLE	Nilai Rata-rata	Keterangan
R (Erosivitas Hujan)	1,487	Tinggi
K (Erodibilitas Tanah)	0,31	Sedang–tinggi
LS (Panjang dan Kemiringan Lereng)	3,87	Curam
C (Tutupan Vegetasi)	0,29	Tutupan sedang
P (Konservasi Tanah)	0,76	Konservasi terbatas

Nilai faktor erosititas hujan (R) yang tinggi menunjukkan bahwa kawasan lereng Gunung Rinjani memiliki intensitas hujan yang cukup besar untuk memicu proses erosi. Faktor K sebesar 0,31 mengindikasikan bahwa jenis tanah pada kawasan penelitian memiliki tingkat kepekaan sedang hingga tinggi terhadap erosi, terutama pada tanah bertekstur lempung berpasir dengan stabilitas agregat rendah. Sementara itu, nilai LS sebesar 3,87 memperlihatkan bahwa kondisi lereng menjadi faktor utama yang mempercepat proses kehilangan tanah. Menurut Renard et al. (1997), peningkatan kemiringan lereng akan meningkatkan volume dan kecepatan limpasan permukaan sehingga memperbesar daya angkut sedimen. Oleh karena itu, lahan agroforestri kopi pada lereng curam tanpa perlindungan vegetasi yang memadai akan memiliki tingkat kerawanan erosi lebih tinggi.

Hasil estimasi kehilangan tanah tahunan menunjukkan bahwa sebagian besar lahan agroforestri kopi berada pada kategori bahaya erosi sedang hingga tinggi. Pada lahan dengan kemiringan lebih dari 40% dan tutupan vegetasi rendah, nilai kehilangan tanah mencapai lebih dari 100 ton/ha/tahun. Sebaliknya, lahan yang memiliki vegetasi penayang rapat dan menerapkan teknik konservasi sederhana menunjukkan tingkat kehilangan tanah yang relatif rendah.

**Tabel 2.** Distribusi tingkat bahaya erosi pada lokasi penelitian

No	Kemiringan (%)	Lereng Tutupan Vegetasi	Nilai (ton/ha/tahun)	Erosi Kategori Erosi	Bahaya
1	8-15	Tinggi	14,7	Rendah	
2	15-25	Sedang	38,2	Sedang	
3	25-40	Rendah	74,5	Tinggi	
4	>40	Rendah	112,8	Sangat Tinggi	
5	15-25	Tinggi	21,4	Rendah	

Data tersebut menunjukkan bahwa keberadaan vegetasi penutup tanah memiliki pengaruh signifikan dalam mengurangi tingkat erosi. Pada lahan dengan tutupan vegetasi tinggi, akar tanaman mampu meningkatkan stabilitas tanah dan memperbesar kapasitas infiltrasi air hujan sehingga limpasan permukaan dapat ditekan. Selain itu, tajuk tanaman penayang pada sistem agroforestri kopi berfungsi mengurangi energi tumbukan air hujan secara langsung ke permukaan tanah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hairiah et al. (2006) yang menyatakan bahwa sistem agroforestri mampu meningkatkan perlindungan tanah melalui akumulasi serasah dan peningkatan bahan organik tanah. Penelitian Carvalho et al. (2021) juga menunjukkan bahwa agroforestri kopi dengan vegetasi penayang rapat memiliki tingkat kehilangan tanah lebih rendah dibandingkan sistem pertanian terbuka.

Meskipun demikian, penelitian ini menemukan bahwa efektivitas sistem agroforestri kopi dalam mengurangi erosi belum optimal pada seluruh lokasi penelitian. Beberapa petani masih menerapkan pola pengelolaan lahan yang kurang mendukung konservasi tanah, seperti pembersihan total vegetasi bawah dan minimnya penggunaan mulsa organik. Kondisi tersebut menyebabkan tanah lebih rentan terhadap pelepasan partikel akibat aliran permukaan. Pada beberapa titik pengamatan, juga ditemukan saluran limpasan kecil yang berkembang menjadi alur erosi (rill erosion) akibat tidak adanya penghambat aliran air pada lereng. Fenomena ini menunjukkan bahwa keberadaan tanaman kopi saja tidak cukup untuk mengurangi risiko erosi apabila tidak disertai praktik konservasi yang tepat. Temuan ini mendukung argumentasi Blanco-Sepúlveda dan Aguilar-Carrillo (2015) bahwa kemampuan agroforestri dalam menekan erosi sangat dipengaruhi oleh kualitas struktur vegetasi dan pola pengelolaan lahan oleh petani,

sebagaimana juga ditemukan pada sistem agroforestri kopi di Indonesia (Iijima et al., 2003; Afandi et al., 2010).

Penerapan teknik konservasi sederhana seperti teras gulud, penanaman rumput penutup tanah, dan penggunaan mulsa organik terbukti mampu menurunkan tingkat kehilangan tanah pada beberapa lokasi penelitian. Pada lahan yang menggunakan kombinasi vegetasi penabung dan konservasi mekanik sederhana, limpasan permukaan cenderung lebih rendah dibandingkan lahan tanpa tindakan konservasi. Teknik tersebut membantu memperlambat aliran air dan meningkatkan infiltrasi sehingga partikel tanah tidak mudah terangkut ke bagian bawah lereng. Menurut Gholami et al. (2013), penggunaan mulsa dan vegetasi penutup tanah dapat mengurangi energi aliran permukaan dan menekan sedimentasi secara signifikan pada lahan miring. Oleh sebab itu, penguatan praktik konservasi tanah menjadi faktor penting dalam meningkatkan keberlanjutan sistem agroforestri kopi di kawasan pegunungan tropis.

Analisis spasial tingkat bahaya erosi menunjukkan bahwa wilayah dengan tingkat kerawanan tertinggi berada pada bagian lereng atas dan tengah yang memiliki kombinasi lereng curam dan tutupan vegetasi rendah. Sebaliknya, wilayah dengan vegetasi lebih rapat dan praktik konservasi lebih baik menunjukkan tingkat bahaya erosi yang lebih rendah. Distribusi spasial tersebut memperlihatkan bahwa degradasi lahan pada kawasan agroforestri kopi bersifat tidak merata dan sangat dipengaruhi oleh kondisi biofisik lokal (Onial & Njurumana, 2022). Dalam konteks pengelolaan sumber daya lahan, hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya pendekatan konservasi berbasis karakteristik wilayah agar pengelolaan agroforestri tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi kopi, tetapi juga pada perlindungan fungsi ekologis kawasan lereng Gunung Rinjani.

Secara teoritis, penelitian ini memperkuat pandangan bahwa sistem agroforestri memiliki potensi sebagai model penggunaan lahan konservatif pada kawasan pegunungan tropis, tetapi efektivitasnya sangat bergantung pada kualitas pengelolaan vegetasi dan penerapan teknik konservasi tanah. Temuan penelitian memperlihatkan bahwa agroforestri kopi dapat menurunkan tingkat erosi apabila didukung oleh vegetasi penutup yang baik dan tindakan konservasi yang konsisten. Sebaliknya, pengelolaan lahan yang kurang memperhatikan aspek konservasi justru meningkatkan kerentanan tanah terhadap degradasi. Penelitian ini memberikan kontribusi empiris bagi pengembangan kajian konservasi tanah di Indonesia, khususnya pada kawasan agroforestri kopi di lereng pegunungan. Dari sisi praktis, hasil penelitian dapat menjadi dasar penyusunan kebijakan konservasi tanah, pengembangan program rehabilitasi lahan kritis, serta penyusunan strategi pengelolaan agroforestri berkelanjutan pada kawasan lereng Gunung Rinjani.

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat erosi tanah pada lahan agroforestri kopi di kawasan lereng Gunung Rinjani berada pada kategori rendah hingga sangat tinggi, tergantung pada karakteristik biofisik lahan dan pola pengelolaan yang diterapkan oleh petani. Faktor kemiringan lereng, intensitas curah hujan, tutupan vegetasi, dan praktik konservasi tanah terbukti menjadi variabel utama yang memengaruhi besarnya kehilangan tanah pada kawasan penelitian. Hasil analisis menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) memperlihatkan bahwa lahan dengan lereng curam dan tutupan vegetasi rendah memiliki tingkat erosi jauh lebih tinggi dibandingkan lahan yang menerapkan vegetasi penutup dan teknik konservasi tanah secara optimal. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa sistem agroforestri kopi tidak secara otomatis mampu menekan erosi tanah apabila tidak didukung oleh

pengelolaan konservasi yang memadai. Sebaliknya, agroforestri yang dikombinasikan dengan praktik konservasi tanah terbukti lebih efektif dalam menjaga stabilitas lahan dan mengurangi risiko degradasi lingkungan pada kawasan pegunungan tropis.

Secara akademik, penelitian ini memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan kajian konservasi tanah dan pengelolaan agroforestri berkelanjutan di Indonesia, khususnya pada kawasan lereng pegunungan dengan tingkat kerentanan erosi tinggi. Penelitian ini juga memperkuat pendekatan analisis berbasis USLE dalam mengidentifikasi tingkat bahaya erosi pada sistem agroforestri kopi serta memperlihatkan pentingnya integrasi antara faktor ekologis dan praktik pengelolaan lahan dalam upaya konservasi tanah. Dari sisi praktis, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar penyusunan kebijakan pengelolaan lahan berbasis konservasi, rehabilitasi lahan kritis, dan penguatan kapasitas petani dalam menerapkan teknik konservasi tanah yang berkelanjutan. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada cakupan lokasi pengamatan dan jumlah parameter lingkungan yang dianalisis. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan mengintegrasikan teknologi penginderaan jauh, analisis spasial berbasis GIS, dan pemodelan erosi jangka panjang untuk memperoleh gambaran degradasi lahan yang lebih komprehensif pada kawasan agroforestri pegunungan tropis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Wiharso, D., Aji, A., Senge, M., & Ito, K. (2010). Soil erosion from catchment and plot scales under coffee tree based crop in humid tropical climate of Lampung, Indonesia. *Journal of the Japanese Society of Soil Physics*, 115, 15–23. [https://doi.org/10.34467/jsoilphysics.115.0\\_15](https://doi.org/10.34467/jsoilphysics.115.0_15)
- Alewell, C., Borrelli, P., Meusburger, K., & Panagos, P. (2019). Using the USLE: Chances, challenges, and limitations of soil erosion modelling. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(3), 203–225. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.05.004>
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi tanah dan air* (2nd ed.). IPB Press.
- Blanco-Sepúlveda, R., & Aguilar-Carrillo, A. (2015). Soil erosion and erosion thresholds in an agroforestry system of coffee (*Coffea arabica*) and mixed shade trees (*Inga* spp and *Musa* spp) in Northern Nicaragua. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 210, 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.032>
- Blanco-Sepúlveda, R., Lima, F., & Aguilar-Carrillo, A. (2024). An assessment of the shade and ground cover influence on the mitigation of water-driven soil erosion in a coffee agroforestry system. *Agroforestry Systems*, 98, 1771–1782. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-00989-6>
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K., Modugno, S., Schütt, B., Ferro, V., Bagarello, V., Van Oost, K., Montanarella, L., & Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8, Article 2013. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Carvalho, A. F. de, Fernandes-Filho, E. I., Daher, M., Gomes, L. C., Cardoso, I. M., Fernandes, R. B. A., & Schaefer, C. E. G. R. (2021). Microclimate and soil and water loss in shaded and unshaded agroforestry coffee systems. *Agroforestry Systems*, 95, 119–134. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00567-6>
- Devianti, D. (2018). Kajian tingkat laju limpasan permukaan dan erosi berdasarkan pengelolaan tanaman pertanian sistem agroforestry di DAS Cianten-Cipancar, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 6(1), 107–112. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.1.107-112>

- Gholami, L., Sadeghi, S. H. R., & Homaei, M. (2013). Straw mulching effect on splash erosion, runoff, and sediment yield from eroded plots. *Soil Science Society of America Journal*, 77(1), 268–278. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0291>
- Hairiah, K., Sulistyani, H., Suprayogo, D., Purnomosidhi, P., Widodo, R. H., & Van Noordwijk, M. (2006). Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management*, 224(1–2), 45–57. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.007>
- Iijima, M., Izumi, Y., Yuliadi, E., Sunyoto, Afandi, & Utomo, M. (2003). Erosion control on a steep sloped coffee field in Indonesia with alley cropping, intercropped vegetables, and no-tillage. *Plant Production Science*, 6(3), 224–229. <https://doi.org/10.1626/ppp.6.224>
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3rd ed.). Blackwell Publishing.
- Onial, M., & Njurumana, G. N. (2022). Analisis tingkat bahaya erosi pada kawasan agroforestri di daerah aliran sungai tropis Indonesia. *Jurnal Sylva Lestari*, 10(2), 240–252. <https://doi.org/10.23960/jsl.v10i2.540>
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., & Montanarella, L. (2015). Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy*, 48, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.021>
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. United States Department of Agriculture.
- Satriawan, H., Harahap, E. M., & Karim, A. (2021). Estimation of soil erosion hazard using USLE and GIS methods in tropical watershed areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 667(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/667/1/012058>
- Situngkir, D., Jamilah, & Marbun, P. (2018). Pendugaan tingkat bahaya erosi pada hutan dan lahan kopi Arabika (*Coffea arabica*) di Kecamatan Sibolangit. *Jurnal Online Pertanian Tropik*, 5(1), 30–35. <https://doi.org/10.32734/jopt.v5i1.3131>
- Suripin. (2004). *Pelestarian sumber daya tanah dan air*. Andi Offset.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. United States Department of Agriculture.
- Yusuf, S. M., Murtlaksono, K., & Lawaswati, D. M. (2020). Spatial mapping of soil erosion prediction through integration USLE model into Geography Information System. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10(4), 594–606. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.4.594-606>