

Zonasi Risiko Konservasi Berbasis Erodibilitas Tanah pada Satuan Peta Lahan di Sub-DAS Tropis Aceh.

Conservation Risk Zoning Based on Soil Erodibility Across Land Mapping Units in a Tropical Sub-watershed of Aceh

Nuraida^{1✉}, Halus Satriawan², Sayed Ahmad Zaki Yamani³

Diterima: 6 Juni 2026. Disetujui: 8 Juni 2026. Dipublikasi: 29 Juni 2026

ABSTRAK. Erosi tanah merupakan ancaman utama degradasi lahan di daerah aliran sungai tropis. Penelitian ini bertujuan menganalisis variabilitas spasial erodibilitas tanah (K) pada 17 satuan peta lahan (SPL), mengkaji hubungannya dengan kemiringan lereng, dan mengembangkan zonasi risiko konservasi di Sub-DAS Krueng Meuh, Aceh, Indonesia. Sampel tanah diambil dari setiap SPL dan dianalisis di laboratorium untuk menentukan sifat fisik tanah yang digunakan dalam perhitungan nilai K. Analisis spasial dilakukan menggunakan SIG dengan mengintegrasikan nilai K dan kelas kemiringan lereng dari DEM. Nilai K berkisar 0,12-0,88 dengan rata-rata 0,33, menunjukkan kerentanan sedang secara keseluruhan. Sembilan SPL terklasifikasi erodibilitas sedang, lima tinggi, dan tiga rendah. SPL 8 (K=0,88) dan SPL 11 (K=0,82) menunjukkan kerentanan sangat tinggi. SPL 12 dan SPL 17 diklasifikasikan sebagai zona risiko sangat tinggi akibat kombinasi K tinggi dengan lereng landai. Hasil ini menegaskan pentingnya integrasi sifat tanah dan topografi dalam perencanaan konservasi spesifik lokasi di DAS tropis. Abstrak memuat secara singkat tentang latar belakang, tujuan, metode, hasil yang signifikan, kesimpulan dan implikasi hasil penelitian. Abstrak berisi maksimum 200 kata, spasi tunggal, jenis huruf Garamond 9 pt, 1,5 spasi. Di bawah abstrak dicantumkan kata kunci yang terdiri atas maksimum enam kata, dimana kata pertama adalah yang terpenting. Abstrak dalam bahasa Inggris merupakan terjemahan dari bahasa Indonesia. Editor berhak untuk mengedit abstrak demi alasan kejelasan isi abstrak.

Kata Kunci: Erosion Risk, GIS, Land Units, Slope Gradient, Spatial Analysis

ABSTRACT. Soil erosion is a major land degradation threat in tropical watersheds. This study analyzed the spatial variability of soil erodibility (K) across 17 land mapping units (LMUs), examined its relationship with slope, and developed a conservation risk zoning framework in the Krueng Meuh sub-watershed, Aceh, Indonesia. Soil samples were collected from each LMU and analyzed in the laboratory to determine soil physical properties used for K calculation. Spatial analysis was performed using GIS by integrating K values with slope classes derived from DEM. K values ranged from 0.12 to 0.88 (mean 0.33), indicating moderate overall susceptibility. Nine LMUs had moderate erodibility, five high, and three low. LMU 8 (K=0.88) and LMU 11 (K=0.82) showed very high susceptibility. LMU 12 and LMU 17 were classified as very high risk zones due to high K combined with gentle slopes. These findings emphasize the importance of integrating soil properties and topography for site-specific conservation planning in tropical watersheds. Abstract contains a maximum of 200 words, single space, Garamond font 9 pt, 1.5 space. Below the abstract is indicated a keyword consisting of a maximum of six words, of which the first word is the most important. Abstract in English is a translation from Indonesian. The editor has the right to edit the abstract for reasons of clarity of the abstract content.

Keyword: Erosion Risk, GIS, Land Units, Slope Gradient, Spatial Analysis

Pendahuluan

Erosi tanah merupakan salah satu bentuk utama degradasi lahan di daerah aliran sungai tropis, terutama di kawasan dengan intensitas curah hujan tinggi, topografi kompleks, dan sifat tanah yang heterogen. Secara global, erosi tanah semakin intensif akibat perubahan penggunaan lahan dan variabilitas iklim, sehingga menimbulkan ancaman serius terhadap produktivitas lahan, jasa ekosistem,

dan keberlanjutan daerah aliran sungai (Borrelli et al., 2020; Panagos et al., 2021). Di Indonesia, percepatan erosi tanah berkontribusi pada penurunan produktivitas pertanian, peningkatan hasil sedimen di sistem sungai, serta meningkatnya kerentanan terhadap bahaya hidrologis seperti banjir dan tanah longsor.

Erodibilitas tanah, yang umumnya dinyatakan sebagai faktor K dalam Persamaan Kehilangan Tanah Universal (USLE) dan bentuk revisinya (RUSLE), merepresentasikan kerentanan intrinsik tanah terhadap pelepasan dan pengangkutan oleh curah hujan dan aliran permukaan. Faktor K terutama dikendalikan oleh tekstur tanah, kandungan bahan organik, struktur tanah, dan permeabilitas (Alewell et al., 2019). Kajian terkini menekankan bahwa estimasi erodibilitas tanah yang

[✉] 1Nuraida

² Halus Satriawan

³ Sayed Ahmad Zaki Yamani

Email : nuraida2727@gmail.com

^{1,2}, Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim

², Program Studi Pengelolaan Alam dan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Almuslim

akurat sangat penting untuk penilaian erosi yang andal dan perencanaan konservasi tanah yang efektif, khususnya pada skala lokal dan daerah aliran sungai (Panagos et al., 2021; Wang et al., 2022).

Di lingkungan tropis, variabilitas spasial erodibilitas tanah dapat sangat besar bahkan dalam unit DAS yang relatif kecil akibat gradien kuat sifat tanah, penggunaan lahan, dan topografi. Namun demikian, banyak penilaian erosi di daerah tropis masih mengandalkan peta tanah umum atau basis data tanah global untuk mendapatkan nilai erodibilitas. Meskipun berguna untuk analisis skala besar, pendekatan tersebut sering gagal menangkap heterogenitas tanah skala lokal, menghasilkan ketidakpastian yang cukup besar dalam estimasi risiko erosi dan prioritas konservasi (Zhang et al., 2021; Rahman et al., 2022).

Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa penilaian erosi berbasis SPL lebih efektif dalam mengidentifikasi area rawan erosi dibandingkan pendekatan berbasis batas administratif atau unit tanah umum (Karydas & Panagos, 2018; Phinzi & Ngetar, 2019). Faktor topografi, khususnya kemiringan lereng, memainkan peran kritis dalam mengendalikan proses erosi dan memperkuat efek erodibilitas tanah (Conforti et al., 2020; Li et al., 2021).

Penelitian terkini semakin menekankan pentingnya menerjemahkan indikator erosi ke dalam kerangka zonasi konservasi yang praktis. Zonasi risiko konservasi yang mengintegrasikan erodibilitas tanah dan karakteristik medan terbukti memberikan dasar yang kuat untuk memprioritaskan tindakan konservasi tanah dan mendukung keputusan pengelolaan lahan spesifik lokasi (Jiang et al., 2020; Beskow et al., 2021). Pendekatan ini sangat relevan di DAS tropis, di mana keterbatasan sumber daya mengharuskan intervensi konservasi yang tepat sasaran (Wijesekara et al., 2021).

Meskipun penting, penilaian erodibilitas tanah berbasis laboratorium yang diintegrasikan dengan SPL dan analisis lereng masih terbatas di banyak sub-DAS tropis, termasuk di Provinsi Aceh, Indonesia. Sub-DAS Krueng Meuh merupakan tangkapan air tropis tipikal yang mengalami tekanan penggunaan lahan yang meningkat, namun informasi spasial terperinci mengenai erodibilitas tanah dan prioritas konservasi masih sangat kurang.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis variabilitas spasial erodibilitas tanah di 17 SPL pada Sub-DAS Krueng Meuh berdasarkan analisis tanah laboratorium; (2)

mengkaji hubungan antara erodibilitas tanah dan karakteristik lereng; serta (3) mengembangkan kerangka zonasi risiko konservasi tanah untuk mengidentifikasi area prioritas perencanaan konservasi tanah. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan dasar berbasis data untuk strategi konservasi tanah yang spesifik lokasi di daerah aliran sungai tropis.

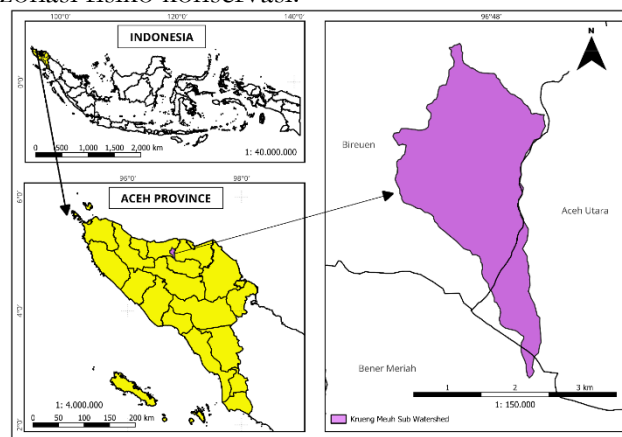
Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Sub-DAS Krueng Meuh, yang terletak di Provinsi Aceh, Indonesia. Sub-DAS ini merupakan bagian dari sistem sungai yang lebih besar dan dicirikan oleh iklim tropis lembab dengan curah hujan tahunan yang tinggi. Secara topografi, wilayah ini terdiri dari dataran rendah hingga perbukitan dan pegunungan, menghasilkan variasi kemiringan lereng yang cukup besar. Penggunaan lahan meliputi kawasan hutan, lahan pertanian, semak belukar atau lahan terbuka, dan permukiman. Kondisi biofisik yang beragam menjadikan sub-DAS ini sesuai untuk mengevaluasi variabilitas spasial erodibilitas tanah dan risiko konservasi.

Susunan Peta Lahan (SPL)

Satuan Peta Lahan (SPL) didelineasi dengan mengintegrasikan jenis tanah, penggunaan lahan, dan kelas kemiringan lereng menggunakan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG). Layer spasial berupa peta tanah, peta penggunaan lahan, dan kemiringan lereng yang diturunkan dari model elevasi digital (DEM) ditumpangtindihkan untuk menghasilkan unit lahan yang homogen.

Sebanyak 17 SPL berhasil diidentifikasi di dalam wilayah studi, masing-masing mewakili karakteristik lahan yang relatif seragam. SPL-SPL ini berfungsi sebagai unit spasial dasar untuk pengambilan sampel tanah, analisis erodibilitas, dan zonasi risiko konservasi.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Pengambilan Sampel Tanah dan Analisis Laboratorium

Sampel tanah diambil dari setiap SPL menggunakan pendekatan purposive sampling untuk mewakili kondisi tanah dominan pada setiap unit. Sampel tanah komposit diambil dari lapisan permukaan (0-15 cm) yang paling rentan terhadap proses erosi, dari lokasi-lokasi representatif di setiap SPL. Sampel dikeringkan udara, diayak (2 mm), dan dianalisis di laboratorium untuk menentukan distribusi ukuran partikel (pasir, debu, liat) menggunakan metode standar, karbon organik tanah (Walkley-Black atau setara), kelas struktur, dan kelas permeabilitas.

Perhitungan Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah (K) dihitung menggunakan persamaan empiris yang dikemukakan oleh Wischmeier & Smith (1978), yang mengkuantifikasi kerentanan tanah terhadap erosi berdasarkan sifat fisik tanah meliputi tekstur, kandungan bahan organik, struktur tanah, dan permeabilitas. Faktor K dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$100K = 2,1 \times 10^{-4} M^{1,14} (12-a) + 3,25 (b-2) + 2,5 (c-3) \dots (1)$$

Keterangan: K adalah erodibilitas tanah; M adalah (%pasir sangat halus + %debu) x (100 - %liat); a adalah kandungan bahan organik (%); b adalah kelas struktur tanah; dan c adalah kelas permeabilitas tanah.

Derivasi dan Klasifikasi Kemiringan Lereng

Model elevasi digital (DEM) digunakan untuk menurunkan kemiringan lereng (%) di seluruh wilayah studi. Nilai kemiringan diklasifikasikan ke dalam dua kategori yaitu datar (<8%) dan landai (8-15%), berdasarkan ambang batas yang umum digunakan dalam studi erosi tropis. Tidak ditemukan kelas lereng curam (>15%) di dalam wilayah studi. Hasil zonasi dirangkum per SPL untuk memungkinkan analisis tumpangtindih pada tingkat SPL.

Zonasi Risiko Konservasi

Matriks klasifikasi dikembangkan dengan menggabungkan kelas erodibilitas tanah (K) (rendah, sedang, tinggi) dan kelas kemiringan lereng (datar dan landai). Matriks tersebut menetapkan risiko konservasi yang lebih tinggi apabila nilai K dan kemiringan lereng semakin meningkat. Secara spesifik, K rendah dengan lereng datar diklasifikasikan sebagai risiko rendah, K sedang dengan lereng landai sebagai risiko tinggi,

dan K tinggi dengan lereng landai sebagai risiko sangat tinggi.

Hasil dan Pembahasan

Distribusi Spasial Erodibilitas Tanah (K) Antar SPL

Nilai erodibilitas tanah (K) yang diperoleh dari laboratorium di 17 satuan peta lahan (SPL) berkisar antara 0,12 hingga 0,88, dengan nilai rata-rata sekitar 0,33, mengindikasikan kerentanan tanah secara keseluruhan terhadap erosi berada pada tingkat sedang.

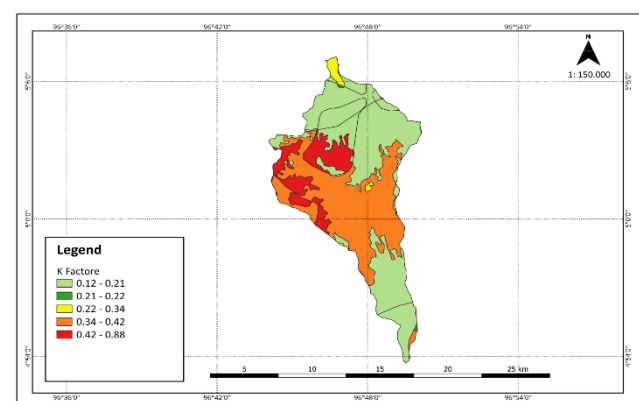
Berdasarkan klasifikasi standar, tiga SPL dikategorikan sebagai erodibilitas rendah ($K < 0,20$), sembilan SPL sebagai sedang ($0,20-0,40$), dan lima SPL sebagai erodibilitas tinggi ($K > 0,40$). Distribusi ini menunjukkan bahwa erodibilitas sedang mendominasi sub-DAS, sementara erodibilitas tinggi terkonsentrasi pada unit-unit lokal tertentu.

Secara khusus, SPL 8 ($K = 0,88$) dan SPL 11 ($K = 0,82$) menunjukkan nilai erodibilitas yang sangat tinggi, mengindikasikan kondisi tanah yang sangat rapuh. Unit-unit lain dengan erodibilitas tinggi meliputi SPL 4, SPL 12, dan SPL 17. Hasil-hasil ini menunjukkan variabilitas spasial erodibilitas tanah yang signifikan di dalam wilayah studi dan menyoroti zona-zona tertentu dengan kerentanan erosi yang tinggi (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi Erodibilitas Tanah (K)

K Value	Class
< 0.20	Low
0.20 – 0.40	Moderate
> 0.40	High

Sumber: Hasil Analisis, 2025



Gambar 2. Peta spasial kelas K (rendah - tinggi) di Sub-DAS Krueng Meuh

Zonasi Risiko Konservasi dan Area Prioritas

Integrasi erodibilitas tanah (K) dan kelas kemiringan lereng menghasilkan empat kategori risiko konservasi: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. SPL dengan nilai K tinggi pada lereng landai (8-15%), khususnya SPL 12 dan SPL 17,

diklasifikasikan sebagai zona risiko sangat tinggi dan diidentifikasi sebagai area prioritas untuk intervensi konservasi tanah segera.

SPL dengan erodibilitas tinggi namun lereng datar, seperti SPL 8 dan SPL 11, dikategorikan sebagai zona risiko tinggi, mengindikasikan bahwa sifat tanah intrinsik saja sudah dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kerentanan erosi. Zona risiko sedang berasosiasi dengan nilai K sedang dan lereng landai, sedangkan zona risiko rendah terbatas pada SPL dengan erodibilitas rendah dan medan datar.

Temuan-temuan ini mengindikasikan bahwa risiko erosi di wilayah studi tidak hanya dikendalikan oleh topografi, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah. Secara keseluruhan, zona risiko konservasi tinggi dan sangat tinggi terkonsentrasi pada sejumlah kecil SPL, mengindikasikan bahwa risiko erosi bersifat mengelompok secara spasial. Pola ini memberikan dasar yang kuat untuk memprioritaskan intervensi konservasi tanah yang tepat sasaran (Tabel 2).

Tabel 2. Distribusi Kelas Risiko

Risk Class	Description
Low	Low K + flat slope
Moderate	Moderate K + flat slope
High	High K or Moderate K + gentle slope
Very High	High K + Gentle slope

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Rekomendasi Konservasi

SPL yang diidentifikasi sebagai zona risiko tinggi dan sangat tinggi harus diprioritaskan sebagai target intervensi konservasi. Tindakan praktis meliputi: pertanian kontur dan terasering pada lereng yang dibudidayakan, pengembangan agroforestri atau sabuk perlindungan untuk meningkatkan masukan organik dan menstabilkan tanah, serta penghijauan kembali lahan terbuka yang curam. Zonasi yang diusulkan ini menghubungkan pengukuran (K laboratorium) dengan tindakan pengelolaan, memungkinkan penargetan sumber daya yang efisien sesuai panduan praktik terbaik di konteks tropis serupa.

Keterbatasan dan Penelitian Lanjutan

Penelitian ini berfokus pada erodibilitas intrinsik dan kemiringan lereng; meskipun keduanya merupakan faktor penentu utama, estimasi kehilangan tanah penuh berbasis RUSLE juga memerlukan masukan R, LS, C, dan P yang andal. Penelitian lanjutan dapat mengintegrasikan erosivitas curah hujan (R) dan pengelolaan penutupan lahan (C) untuk mengestimasi kehilangan tanah absolut dan memprioritaskan

intervensi pada berbagai skenario penggunaan lahan. Validasi lapangan terhadap zona prioritas yang dipetakan melalui survei fitur erosi juga akan memperkuat penerapan operasionalnya.

Simpulan

Penelitian ini menggabungkan erodibilitas tanah (K) yang diperoleh dari laboratorium dengan kemiringan lereng dan satuan peta lahan (SPL) untuk menghasilkan zonasi risiko konservasi di Sub-DAS Krueng Meuh. Hasil menunjukkan heterogenitas spasial K yang substansial, dan risiko tertinggi terjadi di mana tanah ber-K tinggi bertepatan dengan lereng yang curam. Zonasi mengidentifikasi SPL-SPL tertentu sebagai area prioritas untuk intervensi konservasi, menawarkan dasar berbasis data yang spesifik lokasi untuk pengelolaan daerah aliran sungai yang berkelanjutan. Mengintegrasikan K dengan faktor RUSLE tambahan dan validasi lapangan akan lebih meningkatkan prioritas dan mendukung implementasi program konservasi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih (jika ada) kepada orang latau lembaga yang membantu penelitian.

Referensi

- Alewell, C., Borrelli, P. & Meusburger, K. (2019). A review of soil erosion modelling. *Earth-Science Reviews*, 188, 77-99. doi:10.1016/j.earscirev.2018.11.004.
- Beskow, S., Mello, C. R., Norton, L. D., Curi, N. & Viola, M. R. (2021). Soil erosion risk mapping and conservation planning. *Land Use Policy*, 101, 105173. doi:10.1016/j.landusepol.2020.105173.
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K., Modugno, S., Schutt, B., Ferro, V. & Panagos, P. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994-22001. doi:10.1073/pnas.2001403117.
- Conforti, M., Auceili, P. P. C., Robustelli, G. & Scarciglia, F. (2020). Influence of topography on soil erosion processes. *Geomorphology*, 367, 107315. doi:10.1016/j.geomorph.2020.107315.
- Jiang, C., Zhang, H., Chen, Q. & Li, Y. (2020). Soil conservation prioritization using erosion risk zoning. *Journal of Environmental Management*, 261, 110252.

- doi:10.1016/j.jenvman.2020.110252.
- Karydas, C. G. & Panagos, P. (2018). Soil erosion assessment using land mapping units. *Land Degradation and Development*, 29, 1329-1340. doi:10.1002/ldr.2926.
- Li, Z., Fang, H., Chen, M. & Wang, L. (2021). Topographic controls on soil erosion at watershed scale. *Catena*, 206, 105543. doi:10.1016/j.catena.2021.105543.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Yu, B., Klik, A., Lim, K. J., Yang, J. E., Ni, J., Miao, C., Chattopadhyay, N. & Sadeghi, S. H. (2021). Soil erosion modelling: The new challenges as a result of policy developments. *Environmental Science and Policy*, 122, 110-123. doi:10.1016/j.envsci.2021.04.013.
- Phinzi, K. & Ngetar, N. S. (2019). Soil erosion assessment using GIS-based RUSLE. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 226-250. doi:10.1080/19475705.2018.1549115.
- Rahman, M. R., Shi, Z. H., Chongfa, C. & Munir, M. (2022). Assessment of soil erosion risk in tropical regions. *Environmental Challenges*, 7, 100486. doi:10.1016/j.envc.2022.100486.
- Wang, B., Zheng, F., Romkens, M. J. M. & Darboux, F. (2022). Quantifying soil erodibility using laboratory soil properties under different land uses. *Soil and Tillage Research*, 215, 105243. doi:10.1016/j.still.2021.105243.
- Wijesekara, N., Samarakoon, L., Tamura, S. & Rathnayake, U. (2021). Soil erosion modelling in humid tropical watersheds. *Sustainability*, 13, 4080. doi:10.3390/su13074080.
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Agriculture Handbook No. 537. USDA, Washington DC.
- Zhang, Y., Deguchi, T., Iwasaki, K. & Wang, L. (2021). Spatial variability of soil erodibility and its driving factors in a watershed. *Catena*, 200, 105163. doi:10.1016/j.catena.2020.105163.