



TINJAUAN METODE PREDIKSI EROSI TANAH: USLE, RUSLE, MUSLE, NILAI EROSI TOLERANSI, DAN PENGUKURAN SKALA PETAK SERTA DAERAH ALIRAN SUNGAI

A REVIEW OF SOIL EROSION PREDICTION METHODS: USLE, RUSLE, MUSLE, TOLERABLE SOIL LOSS VALUES, AND EROSION MEASUREMENT AT PLOT AND WATERSHED SCALE

Syenyantri^{*}, Nurmi², Zulzain Ilahude³

¹Mahasiswa, Universitas Negeri Gorontalo

²Dosen Pengampuh Mata Kuliah, Universitas Negeri Gorontalo

³Dosen Pengampuh Mata Kuliah, Universitas Negeri Gorontalo

*E-mail Korespondensi: syenyanttrinmboto@gmail.com

ABSTRAK

Degradasi lahan akibat erosi tanah terus menjadi permasalahan lingkungan yang serius di berbagai wilayah, khususnya pada daerah beriklim tropis dengan intensitas curah hujan tinggi seperti Indonesia. Pengelolaan erosi yang baik membutuhkan pemahaman mendalam tentang metode prediksi yang tersedia serta kemampuan mengukur erosi secara langsung di lapangan. Artikel review ini disusun untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai perkembangan dan penerapan metode USLE, RUSLE, dan MUSLE dalam konteks prediksi erosi tanah, sekaligus mengulas penetapan nilai toleransi erosi (E-Tol) sebagai ambang batas keamanan lahan dan teknik pengukuran erosi pada dua skala yang berbeda, yaitu skala petak dan skala Daerah Aliran Sungai (DAS). Penelusuran pustaka dilakukan secara sistematis terhadap jurnal-jurnal ilmiah terpilih yang relevan dengan topik kajian. Kajian ini mengungkapkan bahwa ketiga metode tersebut memiliki perbedaan mendasar dalam hal skala penerapan, jenis data yang dibutuhkan, dan tingkat ketelitian prediksi yang dihasilkan. USLE dan RUSLE lebih dominan digunakan pada skala lahan dan petak pertanian, sedangkan MUSLE dinilai lebih representatif untuk pendugaan hasil sedimen pada skala DAS. Nilai E-Tol yang ditetapkan berdasarkan karakteristik tanah lokal menjadi acuan penting dalam menentukan tingkat bahaya erosi suatu lahan. Di sisi lain, pengukuran erosi secara langsung baik di petak percobaan maupun di outlet DAS tetap diperlukan sebagai data pembanding dan validasi terhadap hasil prediksi model. Kajian ini diharapkan dapat menjadi referensi akademis yang berguna bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi dalam memilih pendekatan prediksi dan pengukuran erosi yang paling sesuai dengan kondisi wilayah kajiannya.

Kata kunci: *metode prediksi erosi, nilai E-Tol, pengukuran erosi*

ABSTRACT

Land degradation caused by soil erosion remains a serious environmental concern across many regions, particularly in tropical areas with high rainfall intensity such as Indonesia. Effective erosion management requires a thorough understanding of available prediction methods and the ability to directly measure erosion in the field. This review article is compiled to provide a comprehensive overview of the development and application of USLE, RUSLE, and MUSLE methods in the context of soil erosion prediction, while also reviewing the determination of tolerable erosion values (E-Tol) as land safety thresholds and erosion measurement techniques at two different scales, namely plot scale and watershed scale. A systematic literature search was conducted on selected scientific journals relevant to the review topic. This review reveals that the three methods differ fundamentally in terms of

scale of application, type of data required, and level of prediction accuracy produced. USLE and RUSLE are more predominantly used at the field and agricultural plot scale, while MUSLE is considered more representative for estimating sediment yield at the watershed scale. E-Tol values determined based on local soil characteristics serve as an important reference in assessing the erosion hazard level of a land area. Meanwhile, direct erosion measurement at both experimental plots and watershed outlets remains necessary as comparative data and for model prediction validation. This review is expected to serve as a useful academic reference for students, researchers, and practitioners in selecting the most appropriate erosion prediction and measurement approach for their specific study area conditions.

Keywords : erosion prediction method, E-Tol value, erosion measurement

PENDAHULUAN

Erosi tanah merupakan proses terkikis dan berpindahnya partikel-partikel tanah dari suatu tempat ke tempat lain akibat energi kinetik hujan dan aliran permukaan, yang apabila berlangsung secara terus-menerus akan menyebabkan degradasi lahan secara progresif dan sulit untuk dipulihkan dalam jangka pendek (Benavidez *et al.*, 2018). Permasalahan erosi tanah saat ini telah berkembang menjadi isu lingkungan yang mendapat perhatian serius di berbagai belahan dunia, khususnya di wilayah beriklim tropis basah dengan intensitas curah hujan tinggi seperti Indonesia. Kondisi tersebut diperparah oleh dominasi topografi berlereng curam serta alih fungsi lahan pertanian yang tidak mempertimbangkan kaidah konservasi tanah dan air (Abd & Kadhim, 2020).

Penanganan permasalahan erosi tanah secara sistematis dan terencana membutuhkan kemampuan kuantifikasi laju erosi yang akurat sebagai landasan ilmiah dalam perencanaan tindakan konservasi. Dalam konteks ini, pendekatan pemodelan empiris menjadi pilihan yang paling praktis dan banyak digunakan, terutama di negara berkembang yang keterbatasan data seringkali menjadi kendala utama. Tiga model prediksi erosi empiris yang paling luas digunakan hingga saat ini adalah *Universal Soil Loss Equation* (USLE), *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), dan *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE). USLE yang dikembangkan oleh Wischmeier & Smith, (1965; 1978) merupakan model dasar yang telah diaplikasikan di lebih dari 100 negara, sementara MUSLE yang dikembangkan oleh

Williams & Berndt (1977) dirancang khusus untuk memperkirakan hasil sedimen pada skala Daerah Aliran Sungai (DAS) per kejadian hujan dengan memanfaatkan data limpasan permukaan sebagai pengganti indeks erosivitas hujan (Sadeghi *et al.*, 2013). Adapun RUSLE yang diperkenalkan oleh Renard *et al.*, (1997) hadir sebagai penyempurnaan dengan kemampuan integrasi terhadap teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG).

Selain prediksi laju erosi, penentuan batas nilai erosi yang masih dapat ditoleransikan atau dikenal dengan istilah *Tolerable Soil Loss* (E-Tol) merupakan komponen yang tidak dapat dipisahkan dalam kajian konservasi tanah. Nilai E-Tol digunakan sebagai ambang batas untuk menilai apakah laju erosi yang terjadi pada suatu lahan masih berada dalam batas aman atau sudah melampaui kapasitas pemulihan alami tanah (Widodo *et al.*, 2015; Herawati *et al.*, 2022). Penetapan nilai E-Tol yang tepat berdasarkan karakteristik tanah lokal menjadi syarat mutlak agar rekomendasi pengelolaan lahan yang dihasilkan dapat bersifat objektif, terukur, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Di sisi lain, validasi terhadap hasil prediksi model erosi tidak dapat dilakukan tanpa dukungan data pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran erosi pada skala petak percobaan menggunakan plot standar Wischmeier telah lama menjadi metode baku yang menghasilkan data erosi aktual untuk berbagai kondisi penggunaan lahan dan perlakuan konservasi (Widodo *et al.*, 2015). Sementara itu, pengukuran pada skala DAS yang melibatkan pemantauan

debit sungai dan konsentrasi sedimen tersuspensi diperlukan untuk memahami dinamika erosi-sedimentasi secara menyeluruh dalam sistem DAS (Tribiyono et al., 2018; Apriani et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel review ini disusun dengan tujuan untuk menyajikan kajian terpadu mengenai metode prediksi erosi USLE, RUSLE, dan MUSLE, konsep nilai E-Tol, serta teknik pengukuran erosi pada skala petak dan DAS. Melalui kajian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang terstruktur dan komprehensif bagi mahasiswa, peneliti, serta praktisi di bidang konservasi tanah dan air dalam memilih serta menerapkan pendekatan prediksi dan pengukuran erosi yang paling sesuai dengan kondisi wilayah.

METODE KAJIAN

Artikel ini merupakan kajian pustaka sistematis yang disusun berdasarkan penelusuran dan analisis terhadap berbagai jurnal ilmiah internasional dan nasional yang berkaitan dengan topik prediksi erosi tanah. Pencarian literatur dilakukan melalui empat basis data ilmiah utama, yaitu Google Scholar, ResearchGate, Science Direct, dan MDPI. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi: *erosion prediction*, *USLE*, *RUSLE*, *MUSLE*, *tolerable soil loss*, *E-Tol value*, *erosion measurement*, *plot experiment*, dan *DAS*.

Artikel yang digunakan dalam kajian ini dipilih berdasarkan empat kriteria utama. Pertama, artikel diterbitkan dalam rentang tahun 1965 hingga 2025. Kedua, artikel membahas salah satu atau lebih dari metode prediksi erosi USLE, RUSLE, dan MUSLE. Ketiga, artikel memuat data hasil pengukuran lapangan atau analisis kuantitatif yang dapat dipertanggungjawabkan. Keempat, artikel ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Berdasarkan kriteria tersebut, sebanyak 28 artikel terpilih untuk dianalisis. Seluruh artikel yang terpilih kemudian dikaji dan dibandingkan secara kualitatif untuk menghasilkan sintesis yang menyeluruh dan terstruktur mengenai topik yang dibahas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Universal Soil Loss Equation (USLE)

USLE merupakan model prediksi erosi empiris pertama yang dikembangkan secara sistematis oleh Wischmeier dan Smith pada tahun 1965 dan disempurnakan pada tahun 1978 berdasarkan data dari ribuan petak percobaan di Amerika Serikat. Model ini memprediksi kehilangan tanah rata-rata tahunan melalui persamaan:

Persamaan dasar USLE dinyatakan sebagai berikut:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Di mana A = kehilangan tanah (ton/ha/tahun), R = faktor erosivitas hujan, K = faktor erodibilitas tanah, LS = faktor panjang dan kemiringan lereng, C = faktor pengelolaan tanaman, dan P = faktor tindakan konservasi (Benavidez et al., 2018).

Faktor R mencerminkan kemampuan hujan dalam melepas dan memindahkan partikel tanah. Nilainya dihitung berdasarkan energi kinetik hujan dikalikan intensitas maksimum 30 menit (EI_{30}). Wilayah tropis seperti Indonesia, nilai R sangat bervariasi karena perbedaan pola curah hujan antar wilayah. Mengingat keterbatasan data intensitas hujan di lapangan, Bols (1978); Harahap et al., (2024) mengembangkan formula pendugaan R menggunakan data curah hujan bulanan yang banyak dipakai hingga kini (Anasiru, 2015; Sahido et al., 2025).

Faktor K menggambarkan tingkat ketahanan tanah terhadap erosi yang dipengaruhi oleh tekstur, kandungan bahan organik, struktur, dan permeabilitas tanah. Tanah dengan kandungan debu tinggi dan bahan organik rendah umumnya memiliki nilai K yang lebih tinggi sehingga lebih mudah tererosi (Herawati et al., 2022). Faktor LS merupakan gabungan antara panjang dan kemiringan lereng yang menunjukkan pengaruh topografi terhadap erosi. Semakin panjang dan semakin curam suatu lereng, semakin besar potensi erosinya

(Sahido *et al.*, 2025).

Faktor C dan P masing-masing mencerminkan efektivitas penutupan vegetasi dan tindakan konservasi yang diterapkan. Nilai C mendekati nol pada lahan berhutan rapat, sedangkan nilainya mendekati satu pada lahan terbuka tanpa vegetasi. Penerapan tindakan konservasi yang tepat dapat menurunkan nilai P sehingga laju erosi yang terprediksi juga semakin kecil (Widodo *et al.*, 2015). Penggunaan USLE yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan prediksi erosi secara spasial pada skala yang lebih luas, seperti yang dilakukan oleh berbagai peneliti di Indonesia dalam memetakan sebaran erosi pada Sub-DAS Ciesek, DAS Jeneberang, dan berbagai DAS lainnya (Yusuf *et al.*, 2020; Andayani *et al.*, 2025).

3.2 Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)

RUSLE dikembangkan oleh Renard *et al.*, (1997) sebagai penyempurnaan USLE. Meskipun menggunakan struktur persamaan yang sama, RUSLE memperkenalkan beberapa perbaikan yang membuat hasilnya lebih akurat dan dapat diterapkan pada kondisi yang lebih beragam (Benavidez *et al.*, 2018). Perbedaan mendasar antara USLE dan RUSLE terletak pada cara menghitung setiap faktornya, khususnya faktor K yang bersifat dinamis (berubah sesuai musim), faktor LS yang diperbaiki untuk lereng kompleks, dan faktor C yang dihitung melalui sub-faktor yang lebih rinci.

Persamaan RUSLE identik dengan USLE:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Faktor K pada RUSLE tidak lagi bersifat tetap sepanjang tahun, melainkan berubah secara musiman mengikuti perubahan kondisi tanah akibat curah hujan, suhu, dan aktivitas biologis. Hal ini menjadikan prediksi RUSLE lebih mendekati kondisi nyata dibandingkan USLE (Benavidez *et al.*, 2018).

Faktor LS pada RUSLE juga telah

diperbarui sehingga dapat diterapkan pada topografi yang lebih kompleks dan bergelombang, serta dapat dihitung secara otomatis menggunakan data Digital Elevation Model (DEM) dalam lingkungan SIG. Metode perhitungan LS berbasis GIS menggunakan pendekatan unit perencanaan hidrologi yang mempertimbangkan aliran dua dimensi (Moore & Burch, 1986; Mitsova *et al.*, 1996).

Keunggulan lain RUSLE adalah kemampuannya diintegrasikan langsung dengan platform SIG sehingga memudahkan pemetaan bahaya erosi secara spasial pada skala regional. Berbagai penelitian di Indonesia telah menerapkan RUSLE-SIG untuk memetakan tingkat bahaya erosi, di antaranya pada DAS Serayu Hulu (Jawa Tengah), Sub-DAS Progo Hulu, dan DAS Olaya (Sulawesi Tengah) dengan hasil yang cukup representatif terhadap kondisi lapangan (Andayani *et al.*, 2025).

3.3 Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE)

MUSLE Berbeda dari USLE dan RUSLE yang dirancang untuk prediksi erosi rata-rata tahunan pada skala petak, MUSLE yang dikembangkan oleh Williams & Berndt (1977) ditujukan untuk menduga hasil sedimen per kejadian hujan pada skala DAS. Inovasi utama MUSLE adalah menggantikan faktor erosivitas hujan (R) dengan faktor limpasan permukaan (runoff), karena limpasan permukaan dianggap sebagai agen transpor sedimen yang lebih langsung dan terukur (Sadeghi *et al.*, 2013). Persamaan MUSLE dinyatakan sebagai:

$$Y = 11,8 \times (Q \times qp)^{0,56} \times K \times LS \times C \times P$$

Di mana : Y = hasil sedimen per kejadian hujan (ton); Q = volume limpasan per kejadian hujan (m³); qp = debit puncak limpasan (m³/detik); K, LS, C, P = sama dengan USLE; 11,8 = konstanta empiris.

MUSLE memberikan hasil terbaik pada DAS berukuran kecil hingga sedang dengan tutupan lahan dominan berupa

padang rumput dan pertanian. Penerapan MUSLE di Ethiopia pada DAS Agewmariam menunjukkan bahwa setelah kalibrasi dilakukan, model ini mampu memberikan kinerja yang baik dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,85$ (Reda et al., 2024). Sementara di Italia, MUSLE digunakan untuk memproyeksikan dampak perubahan iklim terhadap hasil sedimen di DAS pegunungan Alpen (Berteni et al., 2021).

Penerapan MUSLE yang dikombinasikan dengan metode *SCS Curve Number* untuk menghitung limpasan permukaan serta integrasi dengan SIG juga telah banyak dilaporkan dapat meningkatkan akurasi prediksi secara spasial. Keterbatasan utama MUSLE adalah kebutuhan data debit puncak per kejadian hujan yang tidak selalu tersedia, terutama di DAS-DAS kecil yang belum memiliki stasiun pengukuran debit (Sadeghi et al., 2013).

3.4 Nilai Erosi Toleransi (E-Tol)

Nilai erosi yang dapat ditoleransikan (E-Tol) atau *Tolerable Soil Loss* (T) adalah laju erosi maksimum yang masih diperbolehkan pada suatu lahan tanpa menyebabkan penurunan produktivitas tanah secara permanen dalam jangka panjang. Konsep ini pertama kali dikembangkan secara sistematis oleh Hammer, (1981); Herawati et al., (2022) dan selanjutnya diadaptasi untuk kondisi Indonesia oleh (Arsyad, 2009). Nilai E-Tol sangat penting karena menjadi acuan dalam menilai apakah suatu lahan sudah memerlukan tindakan konservasi atau belum.

Penetapan nilai E-Tol didasarkan terutama pada kedalaman tanah efektif dan laju pembentukan tanah alami. Tanah yang dangkal dengan laju pembentukan tanah yang lambat memiliki nilai E-Tol yang lebih rendah. Sebaliknya, tanah yang dalam dengan laju pembentukan tanah yang lebih cepat dapat menoleransi laju erosi yang lebih tinggi. Di Indonesia, penetapan nilai E-Tol umumnya mengacu pada tabel klasifikasi berdasarkan kedalaman efektif tanah, yakni: sangat dalam (>90 cm) dengan E-Tol = 25

ton/ha/tahun; dalam (60–90 cm) dengan E-Tol = 15 ton/ha/tahun; sedang (30–60 cm) dengan E-Tol = 12 ton/ha/tahun; dan dangkal (<30 cm) dengan E-Tol = 4 ton/ha/tahun (Sahido et al., 2025; Arifin et al., 2022)

Evaluasi bahaya erosi dilakukan dengan membandingkan nilai erosi prediksi (A) dari USLE/RUSLE dengan nilai E-Tol. Penelitian di DAS Marek DS Bagian Hulu Sulawesi Selatan menemukan bahwa nilai erosi aktual pada lahan pertanian kering jauh melampaui nilai E-Tol sehingga lahan tersebut dikategorikan dengan bahaya erosi sangat tinggi (Arifin et al., 2022). Di Sub-DAS Langge Gorontalo, nilai erosi yang melebihi E-Tol ditemukan pada lahan-lahan berlereng curam yang tidak dilengkapi dengan tindakan konservasi memadai (Anasiru, 2015). Penilaian tingkat bahaya erosi menggunakan perbandingan antara nilai erosi prediksi dan E-Tol telah menjadi metode standar yang banyak diterapkan dalam penelitian konservasi lahan di Indonesia (Latifah et al., 2023).

3.5 Pengukuran Erosi Skala Petak Percobaan (Plot)

Pengukuran erosi secara langsung di lapangan pada skala petak percobaan merupakan cara paling akurat untuk memperoleh data erosi aktual. Petak percobaan standar yang digunakan dalam pengembangan USLE adalah plot Wischmeier berukuran 22,13 m × 1,83 m dengan kemiringan lereng 9% dan kondisi bera bersih tanpa tanaman. Petak ini dilengkapi dengan pembatas (border) dari bahan galvanis atau papan kayu yang ditanam sedalam 15 cm ke dalam tanah, saluran pengumpul di bagian bawah petak, pipa penghubung, dan tandon penampung aliran permukaan beserta tanah yang tererosi (Widodo et al., 2015).

Pengukuran dilakukan setiap kali terjadi hujan yang menghasilkan aliran permukaan. Prosedur standar meliputi pengukuran volume total campuran air dan sedimen di tandon, pengambilan sampel

secara representatif, pengukuran konsentrasi sedimen secara gravimetri di laboratorium, kemudian menghitung massa total sedimen per satuan luas per kejadian hujan. Nilai erosi tahunan diperoleh dari penjumlahan seluruh kejadian hujan erosif selama satu tahun. Di Indonesia, metode petak percobaan ini telah banyak diterapkan dalam penelitian konservasi tanah, di antaranya untuk mengukur erosi aktual pada lahan kelapa sawit (Ardianto & Amri, 2017).

Salah satu tantangan dalam pengukuran skala petak adalah kebutuhan tenaga dan waktu yang cukup besar, terutama untuk pemantauan kejadian hujan secara kontinyu. Oleh karena itu, penggunaan alat pencatat curah hujan otomatis (*automatic rainfall recorder*) dan kamera pemantau sangat disarankan untuk meningkatkan kualitas data dan mengurangi kesalahan pengukuran (Sahido et al., 2025). Selain itu, variabilitas hasil erosi antar ulangan yang cukup besar seringkali terjadi karena heterogenitas spasial sifat tanah di lapangan, sehingga penggunaan minimal tiga ulangan per perlakuan sangat dianjurkan.

3.6 Pengukuran Erosi Skala DAS

Pengukuran erosi pada skala DAS memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang dinamika erosi dan sedimentasi dalam suatu sistem hidrologi. Cara yang paling umum digunakan adalah pemantauan debit sungai secara kontinyu menggunakan alat ukur debit otomatis (AWLR) dan pengambilan sampel konsentrasi sedimen tersuspensi (*suspended sediment concentration*, SSC) secara berkala, terutama saat terjadi banjir. Hasil sedimen DAS kemudian dihitung sebagai hasil kali debit sungai dan konsentrasi sedimen pada setiap interval waktu pengukuran. Pengukuran ini lebih kompleks dibandingkan skala petak karena melibatkan area yang jauh lebih luas dengan variasi spasial yang tinggi (Asdak, 2010; Apriani et al., 2021).

Karena pengambilan sampel sedimen tidak dapat dilakukan secara terus-menerus, metode sediment rating curve digunakan

untuk memperkirakan konsentrasi sedimen dari data debit yang tersedia secara kontinu. Rating curve adalah hubungan empiris antara debit sungai (Q) dan konsentrasi sedimen tersuspensi (SSC) atau hasil sedimen (Qs) dalam bentuk persamaan power:

$$Q_s = a \times Q^b$$

Di mana : a dan b = konstanta empiris yang diperoleh dari regresi data pengukuran. Nilai b umumnya berkisar 1,5–2,5 untuk sungai-sungai di Indonesia (Soewarno, 1991). Keterbatasan metode ini adalah adanya hysteresis loop, yaitu perbedaan konsentrasi sedimen antara saat fase naik dan fase turun pada hidrograf banjir yang sama.

Di Indonesia, pengukuran sedimen skala DAS telah banyak dilakukan sebagai bagian dari pengelolaan waduk dan situ. Penggunaan teknologi penginderaan jauh berbasis citra satelit untuk memantau sedimen tersuspensi secara spasial juga semakin berkembang sebagai pelengkap pengukuran lapangan konvensional, terutama untuk DAS yang sangat luas dan sulit dijangkau secara fisik (Andayani et al., 2025).

Pemantauan sedimentasi waduk menggunakan data citra satelit multitemporal (Landsat, Sentinel) juga telah dikembangkan untuk mengestimasi perubahan kapasitas tampungan waduk akibat sedimentasi, yang secara tidak langsung mencerminkan laju erosi di DAS hulu (Salma et al., 2024). Integrasi data penginderaan jauh dengan model RUSLE-GIS memungkinkan pemetaan bahaya erosi secara regional dengan resolusi spasial yang cukup memadai.

SINTESIS DAN IMPLIKASI

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa USLE, RUSLE, dan MUSLE bukanlah metode yang saling bersaing, melainkan saling melengkapi sesuai dengan skala dan tujuan penggunaannya. USLE menjadi

fondasi utama yang melahirkan kedua metode turunannya, sementara RUSLE hadir dengan akurasi yang lebih baik melalui penyempurnaan faktor-faktor penghitungannya, dan MUSLE dirancang khusus untuk menjawab kebutuhan prediksi sedimen pada skala DAS per kejadian hujan. Kombinasi penggunaan RUSLE untuk pemetaan bahaya erosi dan MUSLE untuk estimasi hasil sedimen DAS terbukti memberikan informasi yang paling lengkap dalam mendukung pengambilan keputusan pengelolaan lahan.

Nilai E-Tol memiliki peran strategis sebagai tolok ukur dalam menilai tingkat keamanan suatu lahan terhadap bahaya erosi. Banyak lahan pertanian berlereng di Indonesia yang saat ini memiliki laju erosi jauh melampaui nilai E-Tol akibat minimnya penerapan tindakan konservasi. Kondisi ini berpotensi menyebabkan penurunan produktivitas lahan secara permanen apabila tidak segera ditangani. Oleh karena itu, penetapan nilai E-Tol berdasarkan karakteristik tanah lokal dan penggunaannya sebagai acuan dalam perencanaan konservasi merupakan langkah yang tidak dapat diabaikan.

Pengukuran langsung di lapangan, baik pada skala petak maupun skala DAS, tetap menjadi kebutuhan yang tidak tergantikan dalam upaya validasi model prediksi erosi. Tanpa dukungan data lapangan yang akurat, hasil prediksi model tidak dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan yang dapat dipertanggungjawabkan. Integrasi antara pengukuran lapangan dan pemodelan spasial berbasis SIG saat ini menjadi pendekatan terbaik yang memungkinkan identifikasi zona kritis erosi secara akurat dan efisien pada skala yang lebih luas.

KESIMPULAN

Ketiga metode prediksi erosi yang dikaji dalam artikel ini, yaitu USLE, RUSLE, dan MUSLE, merupakan pendekatan empiris yang saling melengkapi dan memiliki keunggulan masing-masing sesuai dengan

skala dan tujuan penerapannya. USLE dan RUSLE lebih sesuai digunakan untuk menduga laju erosi rata-rata tahunan pada skala petak dan lahan pertanian, sedangkan MUSLE lebih tepat digunakan untuk menduga hasil sedimen per kejadian hujan pada skala DAS. Nilai E-Tol berperan sebagai ambang batas penting dalam menentukan apakah laju erosi yang terjadi pada suatu lahan masih dalam kondisi aman atau sudah memerlukan tindakan konservasi. Pengukuran erosi secara langsung di lapangan, baik pada skala petak percobaan maupun skala DAS, tetap diperlukan sebagai data pendukung validasi model prediksi agar rekomendasi konservasi yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Secara keseluruhan, pemilihan metode prediksi erosi yang tepat harus selalu disesuaikan dengan ketersediaan data, skala wilayah kajian, dan tujuan pengelolaan lahan demi terwujudnya konservasi tanah dan air yang efektif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Edisi Lima). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Abd, M. H., & Kadhim, S. J. (2020). USLE and RUSLE Approach- Important Tools for Soil Erosion Risk Assessment : A Review. *East African Scholars Journal of Engineering and Computer Sciences*, 3(2), 23–29. <https://doi.org/10.36349/easjecs.2020.v03i02.001>
- Anasiru, R. H. (2015). Perhitungan Laju Erosi Metode USLE untuk Pengukuran Nilai Ekonomi di Sub DAS Langge, Gorontalo. *Jurnal Pengkajian Dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 18(3), 273–289.
- Andayani, S., Rusdin, A., Rustiati, N. B., & Tunas, I. G. (2025). Pemodelan Bahaya Erosi Tanah Berbasis USLE dan SIG di

- DAS Olaya Sulawesi Tengah. *Jurnal Sains Dan Teknologi Tadulako*, 11(2), 105–123.
- Apriani, N., Arsyad, U., & Mapangaja, B. (2021). Prediksi Erosi Berdasarkan Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) Untuk Arahan Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Lawo. *Jurnal Hutan dan Masyarakat* 13(1), 49–63.
<https://doi.org/10.24259/jhm.v13i1.10979>
- Ardianto, K., & Amri, A. I. (2017). Pengukuran dan Pendugaan Erosi pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit dengan Kemiringan Berbeda. *JOM Faperta*, 4(1), 1–15.
- Arifin, M. Z., Boceng, A., & Saida. (2022). Analisis Indeks Erosi dan Arahan Penggunaan Lahan pada DAS Merek DS Bagian Hulu Kabupaten Bone. *Jurnal Agrotek*, 6(1), 49–58.
- Arsyad, S. (2009). *Konservasi Tanah Dan Air*. Pt Penerbit IPB Press.
- Benavidez, R., Jackson, B., Maxwell, D., & Norton, K. (2018). A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R) USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 6059–6086.
- Berteni, F., Dada, A., & Grossi, G. (2021). Application of the MUSLE Model and Potential Effects of Climate Change in a Small Alpine Catchment in Northern Italy. *Water*, 13(2679), 2–21.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13192679>
- Hammer, W. I. (1981). Second Soil Conservation Consultant Report. *Journal of Centre For Soil Research. AGOVINS/78/006.-Tech. Note*, 78(006).
- Harahap, A. F., Wulandari, R., & Supriyadi, B. (2024). Prediksi Erosi Tanah Menggunakan Metode USLE, RUSLE, MUSLE: Kajian Nilai Erosivitas Tolerable dan Pengukuran Erosi Skala Petak dan DAS. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 12(1), 1–15.
- Herawati, A., Mahendra, Y. S., Studi, P., Tanah, I., Pertanian, F., Maret, U. S., Tanah, E., Tanaman, M., & Lereng, P. (2022). Evaluasi Tingkat Bahaya Erosi Beberapa Penggunaan Lahan di Kecamatan Sidoharjo, Wonogiri, Jawa Tengah dengan Metode USLE (Universal Siol Loss Equation). *Pedontropika: Jurnal Ilmu Tanah Dan Sumber Daya Lahan*, 8(2), 36.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26418/pedontropika.v8i2.56395>
- Latifah, S., Hidayati, E., Sari, D. P., & Webliana, B. (2023). Estimasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) pada Empat Tipe Pengelolaan Lahan di Desa Karang Sedimen, Lombok. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 7(1), 1–22. <https://doi.org/doihttps://doi.org/10.59465/jppdas.2023.7.1.1-22>
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., & Iverson, L. R. (1996). Modelling Topographic Potential For Erosion And Deposition Using GIS. *International Journal Of Geographical Information Systems*, 10(5), 629–641.
<https://doi.org/10.1080/02693799608902101>
- Moore, I. D., & Burch, G. J. (1986). Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, 50(5), 1294–1298.
- Reda, Y., Moges, A., & Kendie, H. (2024). Application of the Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) for the prediction of sediment yield in Agewmariam experimental watershed , Tekeze River basin , Northern Ethiopia. *Heliyon*, 10(e35052), 2–15.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35052>
- 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). In *USDA: Agriculture Handbook Number. 703*.
- Sadeghi, S. H. R., Gholami, L., Darvishan, A. K., & Saeidi, P. (2013). A Review of the Application of the MUSLE Model Worldwide. *Hydrological Sciences Journal Des Sciences Hydrologiques*, 59(2), 1–11.
<https://doi.org/10.1080/02626667.2013.866239>
- Sahido, W. P. M., Rahim, Y., Dude, S., & Rahman, R. (2025). Prediksi Erosi Menggunakan Metode Usle (Universal Soil Loss Equation) Dan Sistem Informasi Geografis (SIG) Di Kecamatan Bolaang Uki Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan. *Jurnal Agrotek*, 9(1), 92–103.
- Salma, C. N., Sukmono, A., & Firdaus, H. S. (2024). Analisis Laju Erosi di Sub DAS Serayu Hulu pada Tahun 2022 menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 7(1), 53–61.
<https://doi.org/10.22146/jgise.91925>
- Soewarno, S. (1991). Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). *Nova, Bandung.*, 825.
- Tribiyono, B., Yuwono, S. B., Banuwa, I. S., Kehutanan, J., Pertanian, F., & Lampung, U. (2018). Estimasi Erosi dan Potensi Sedimen DAM Batutegi di DAS Sekampung Hulu dengan Metode SDR (Sediment Delivery Ratio). *Jurnal Hutan Tropis*, 6(2), 161–169.
- Widodo, A., Komariah, & Suyana, J. (2015). Metode USLE untuk Memprediksi Erosi Tanah dan Nilai Toleransi Erosi Sebuah Sistem Agricultural di Desa Genengan Kecamatan Jumantono Karanganyar USLE Method for Prediction Soil Erosion and Tolerated Erosion Value an Agricultural Systems in Genengan Village. *Agrosains*, 17(2), 39–43.
- Williams, J. R., & Berndt, H. D. (1977). Sediment Yield Prediction Based On Watershed Hydrology. *Transactions of the ASAE*, 20(6), 1100–1104.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1965). Predicting Rainfall-Erosion Losses From Cropland East of the Rocky Mountains. In *USDA Agricultural Handbook No. 537*.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. *Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537*.
- Yusuf, S. M., Murtiaksono, K., & Laraswati, D. M. (2020). Pemetaan Sebaran Erosi Tanah Prediksi Melalui Integrasi Model USLE ke dalam Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 10(4), 594–606.
<https://doi.org/10.29244/jpsl.10.4.594-606>