

ESTIMASI EROSI TANAH UNTUK KONSERVASI LAHAN DAN AIR DI KULON PROGO

Estimation of Soil Erosion for Soil and Water Conservation in Kulon Progo

Mukhes Sri Muna^{1*}, Ngadisih²

^{1*} Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Udayana, Bali, Indonesia.

² Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

*Email: mukhessrimuna@unud.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.20884/1.jaber.2026.7.1.19629>

Naskah ini diterima pada 10 Maret 2025; revisi pada 22 Juni 2025;
disetujui untuk dipublikasikan pada 20 Juli 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi laju erosi tanah sebagai dasar perencanaan konservasi tanah dan air di Kabupaten Kulon Progo menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG). Latar belakang penelitian didasarkan pada tingginya tekanan penggunaan lahan, curah hujan, dan kondisi topografi yang meningkatkan risiko degradasi lahan. Metode yang digunakan meliputi pemodelan erosi dengan Universal Soil Loss Equation (USLE) dan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) yang diintegrasikan dengan data spasial curah hujan, jenis tanah, topografi, penggunaan lahan, dan praktik konservasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata laju erosi berdasarkan metode USLE sebesar 47,06 ton/ha/tahun, sedangkan metode MUSLE sebesar 49,89 ton/ha/tahun. Tingkat bahaya erosi sangat berat terutama terkonsentrasi di wilayah Perbukitan Menoreh. Metode MUSLE menghasilkan estimasi erosi sedikit lebih tinggi dibandingkan USLE, dengan rasio 1:1,06. Berdasarkan hasil analisis, metode USLE dinilai lebih sesuai sebagai dasar perencanaan konservasi karena mendekati nilai toleransi pembentukan tanah. Penelitian ini menegaskan pentingnya pemodelan erosi berbasis SIG dalam mendukung penetapan prioritas konservasi tanah dan air secara berkelanjutan.

Kata kunci: erosi tanah, USLE, MUSLE, SIG, konservasi lahan

ABSTRACT

This study aimed to estimate soil erosion as a basis for soil and water conservation planning in Kulon Progo Regency using a Geographic Information System (GIS) approach. The research was motivated by increasing land use pressure, high rainfall intensity, and complex topography that contribute to land degradation. Soil erosion was modeled using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and the Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) integrated with spatial data on rainfall, soil type, topography, land use, and conservation practices. The results showed that the average soil loss estimated by USLE was 47.06 ton/ha/year, while MUSLE produced 49.89 ton/ha/year. Areas with very severe erosion were mainly concentrated in the Menoreh Hills region. MUSLE generated slightly higher erosion estimates than USLE, with a ratio of 1:1.06. Based on the analysis, USLE was considered more appropriate for conservation planning due to its closer approximation to soil formation tolerance. This study highlights the importance of GIS-based erosion modeling in supporting sustainable soil and water conservation prioritization.

Keywords: soil erosion, USLE, MUSLE, GIS, land conservation

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di negara berkembang, termasuk Indonesia, menunjukkan tren peningkatan yang berpengaruh langsung terhadap meningkatnya kebutuhan pangan serta tekanan

terhadap ketersediaan sumber daya lahan (Prabowo et al., 2020; Usman et al., 2025). Pertumbuhan jumlah penduduk yang relatif tinggi mendorong terjadinya alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan permukiman dan non-pertanian, termasuk di Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta (Setiawan et al., 2025). Kondisi tersebut memicu pemanfaatan lahan marginal untuk kegiatan pertanian, meskipun lahan tersebut memiliki keterbatasan fisik, kimia, dan biologis yang tinggi sehingga rentan terhadap degradasi, terutama erosi tanah (Dharmawan et al., 2023; Rafif & Widiarti, 2024).

Erosi tanah merupakan proses terangkutnya partikel tanah oleh energi air hujan dan limpasan permukaan yang dipengaruhi oleh faktor iklim, topografi, vegetasi, karakteristik tanah, serta aktivitas manusia (Rafif & Widiarti, 2024). Di Kabupaten Kulon Progo yang beriklim tropis, curah hujan dengan intensitas tinggi menjadi faktor dominan penyebab erosi. Selain itu, sebagian wilayahnya berada pada kawasan perbukitan Bukit Menoreh dengan kemiringan lereng yang relatif curam, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap degradasi lahan. Pemanfaatan lahan berlereng tanpa penerapan praktik konservasi tanah dan air yang memadai memperbesar risiko erosi, yang selanjutnya dapat menurunkan kesuburan tanah, mengganggu fungsi hidrologi, serta mempercepat proses degradasi lahan (Dharmawan et al., 2023).

Secara empiris, laju erosi maksimum yang masih dapat ditoleransi pada tanah-tanah di Indonesia berkisar antara 25–40 ton ha⁻¹ tahun⁻¹, tergantung pada kedalaman solum dan sifat tanah, yang secara umum setara dengan kehilangan tanah sekitar 2–3 mm per tahun (Asril et al., 2022). Namun, pada lahan marginal berlereng di Kabupaten Kulon Progo, potensi laju erosi diperkirakan melampaui batas toleransi tersebut akibat kombinasi curah hujan tinggi, kemiringan lereng curam, dan pemanfaatan lahan yang intensif. Kondisi ini menuntut perencanaan konservasi tanah dan air yang didasarkan pada estimasi laju erosi yang akurat dan representatif. Pengukuran erosi secara langsung di lapangan memerlukan waktu, biaya, dan tenaga yang besar, sehingga kurang efisien untuk wilayah yang luas dan bertopografi kompleks. Oleh karena itu, pendekatan pemodelan erosi berbasis persamaan empiris banyak digunakan sebagai alternatif yang lebih praktis (Panagos et al., 2015; Rafif & Widiarti, 2024).

Universal Soil Loss Equation (USLE) dan *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) merupakan dua model empiris yang paling luas digunakan dalam pendugaan laju erosi tanah. Model USLE memprediksi kehilangan tanah berdasarkan faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), penutup dan pengelolaan lahan (C), serta praktik konservasi (P) (Wischmeier & Smith, 1978). Meskipun demikian, model ini dikembangkan berdasarkan kondisi iklim sedang sehingga penerapannya di wilayah tropis sering menunjukkan keterbatasan akurasi (Panagos et al., 2015). Sebagai pengembangan, MUSLE menggantikan faktor energi hujan dengan limpasan permukaan dan debit puncak, sehingga dinilai lebih representatif untuk memodelkan erosi berbasis kejadian hujan tunggal, khususnya di daerah aliran sungai tropis (Kinnell, 2010). Perbedaan pendekatan antara USLE dan MUSLE sering menghasilkan nilai laju erosi yang tidak sama, sehingga kajian komparatif diperlukan untuk menentukan metode yang paling sesuai sebagai dasar perencanaan konservasi tanah dan air.

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pemodelan erosi memungkinkan integrasi berbagai data spasial, seperti curah hujan, jenis tanah, topografi, dan penggunaan lahan, dalam skala wilayah yang luas. Pendekatan berbasis SIG terbukti mampu meningkatkan ketelitian analisis erosi, terutama pada wilayah dengan topografi kompleks, serta mempermudah penentuan prioritas konservasi berdasarkan peta potensi erosi (Panagos et al., 2015). Selain itu, SIG memungkinkan pengelolaan, pemutakhiran, dan analisis ulang data spasial secara efisien sehingga mendukung perencanaan konservasi tanah dan air yang adaptif dan berkelanjutan (Borrelli et al., 2023).

Penelitian mengenai prediksi erosi tanah dan perencanaan konservasi tanah dan air telah banyak dilakukan, terutama pada wilayah dengan karakteristik lahan berlereng dan tingkat kerentanan degradasi yang tinggi. Namun, sebagian besar penelitian terdahulu masih cenderung menerapkan satu metode prediksi erosi, seperti USLE atau MUSLE, tanpa melakukan perbandingan atau integrasi dengan pendekatan lain secara sistematis (Nifen et al., 2016). Selain itu, kajian-kajian tersebut umumnya berfokus pada wilayah dengan cakupan spasial yang relatif

sempit, seperti sub-DAS atau kawasan tertentu, sehingga hasil yang diperoleh belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi wilayah yang lebih luas dan kompleks (Alfajri et al., 2022; Nifen et al., 2016; Purwosari et al., 2022). Keterbatasan cakupan dan metode ini menyebabkan informasi yang dihasilkan masih bersifat parsial dan kurang optimal dalam mendukung perencanaan konservasi tanah dan air secara terpadu.

Keterbatasan penggunaan metode tunggal serta ruang lingkup wilayah penelitian yang sempit menimbulkan celah penelitian dalam upaya memperoleh gambaran potensi erosi yang lebih komprehensif dan representatif. Hingga saat ini, masih relatif sedikit kajian yang mengintegrasikan pemodelan erosi dengan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis secara menyeluruh untuk wilayah yang luas, khususnya di daerah tropis dengan topografi beragam dan curah hujan tinggi (Borrelli et al., 2023). Padahal, pendekatan berbasis SIG sangat diperlukan agar hasil prediksi erosi dapat digunakan secara operasional dalam pengambilan keputusan konservasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memodelkan data spasial dalam penilaian potensi erosi tanah menggunakan metode USLE dan MUSLE berbasis SIG, memprediksi laju erosi di wilayah Kabupaten Kulon Progo, serta menganalisis hasil pemodelan sebagai dasar penyusunan rencana konservasi tanah dan air yang lebih realistis, terarah, dan berbasis prioritas wilayah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap utama, yaitu survei lapangan serta pengumpulan dan analisis data. Survei lapangan dilakukan selama lima bulan, mulai 18 September 2017 hingga 13 Januari 2018, di wilayah Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tahap pengumpulan data sekunder dan analisis dilaksanakan selama dua bulan berikutnya di Laboratorium Teknik Sumberdaya Lahan dan Air, Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak ArcGIS versi 10.3 untuk pengolahan data spasial dan Microsoft Excel untuk perhitungan parameter erosi, sejalan dengan pendekatan pemodelan erosi berbasis SIG yang umum digunakan dalam kajian konservasi tanah (Borrelli et al., 2023).

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei langsung pada lokasi-lokasi yang berpotensi mengalami erosi berdasarkan data kejadian longsor dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Kulon Progo. Survei dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi penutupan lahan, pengelolaan tanaman, dan praktik konservasi tanah. Data sekunder meliputi: (1) data curah hujan 10 tahun Kabupaten Kulon Progo dari BPSDA DIY; (2) data curah hujan 10 tahun Kabupaten Purworejo dari BPSDA Probolo Kutoarjo; (3) peta jenis tanah skala 1:25.000 dari BPSDHL; serta (4) Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 dari Badan Informasi Geospasial. Penggunaan data spasial multi-sumber ini bertujuan untuk meningkatkan ketelitian analisis erosi pada wilayah dengan topografi kompleks.

Pendekatan penelitian menggunakan pemodelan erosi tanah berbasis data spasial dengan menerapkan metode USLE dan MUSLE yang diintegrasikan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode USLE digunakan untuk memprediksi kehilangan tanah akibat erosi berdasarkan faktor erosititas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), penutup lahan (C), serta praktik konservasi tanah (P) (Wischmeier & Smith, 1978), yang dirumuskan pada Persamaan 1 sebagai berikut:

$$A = R.K.LS.C.P \quad (1)$$

Model USLE telah banyak digunakan dalam kajian konservasi tanah, namun memiliki keterbatasan pada wilayah tropis karena dikembangkan pada kondisi iklim sedang (Kinnell, 2010). Oleh karena itu, penelitian ini juga menerapkan metode MUSLE sebagai pengembangan USLE dengan menggantikan faktor erosititas hujan menggunakan limpasan permukaan (Q) dan debit puncak aliran (qp), sehingga lebih representatif dalam memodelkan erosi berbasis kejadian

hujan tunggal (Nifen et al., 2016). Persamaan MUSLE dinyatakan pada persamaan 2 sebagai berikut:

$$Sy = a(Q.qp)^b.K.LS.C.P \quad (2)$$

dengan nilai konstanta $a = 11,8$ dan $b = 0,56$. Integrasi model USLE dan MUSLE dengan SIG memungkinkan analisis distribusi spasial potensi erosi secara lebih komprehensif serta mendukung penetapan prioritas wilayah dalam perencanaan konservasi tanah dan air secara lebih efektif dan berbasis data.

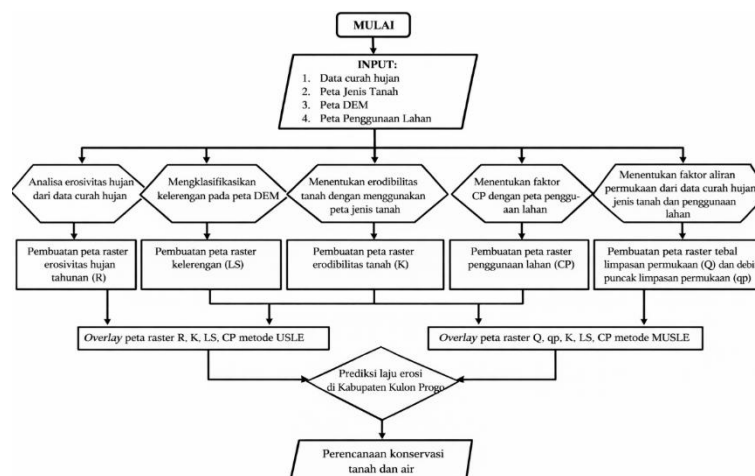
Prosedur Penelitian

Tahap awal penelitian diawali dengan pengumpulan dan inventarisasi data spasial dan nonspasial yang meliputi data curah hujan, sifat fisik tanah, topografi, penggunaan lahan, dan praktik konservasi tanah. Data curah hujan diperoleh dari 24 stasiun hujan di Kabupaten Kulon Progo dan wilayah sekitarnya dengan periode pengamatan selama sepuluh tahun. Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai rata-rata faktor erosivitas hujan tahunan berdasarkan indeks erosivitas hujan EI_{30} (Asdak, 2023).

Data sifat fisik tanah diperoleh dari peta jenis tanah skala 1:25.000 dan literatur pendukung, yang meliputi tekstur tanah, struktur tanah, kandungan bahan organik, dan permeabilitas tanah. Parameter tersebut digunakan untuk menentukan nilai faktor erodibilitas tanah (Asdak, 2023). Data topografi diperoleh dari peta rupa bumi dan *Digital Elevation Model* (DEM) yang kemudian diolah untuk menghasilkan peta kemiringan lereng dan panjang lereng sebagai dasar perhitungan faktor LS (Naharuddin, 2020).

Data penggunaan lahan diperoleh dari peta penggunaan lahan skala 1:25.000 dan diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas penutup lahan. Setiap kelas diberikan nilai faktor C berdasarkan standar yang telah ditetapkan. Sementara itu, nilai faktor P ditentukan berdasarkan keberadaan dan jenis praktik konservasi tanah yang teridentifikasi di lapangan dan dari data sekunder, dengan mengacu pada standar nilai faktor konservasi tanah (Naharuddin, 2020).

Untuk penerapan metode MUSLE, dilakukan perhitungan parameter tambahan berupa tebal limpasan permukaan (Q) dan debit puncak aliran (q_p). Tebal limpasan permukaan dihitung menggunakan metode *Soil Conservation Service* (SCS) dengan parameter *Curve Number* (CN) yang ditentukan berdasarkan kombinasi penggunaan lahan, kelompok hidrologi tanah, dan kondisi kelembaban awal tanah (*Antecedent Moisture Condition*). Debit puncak aliran dihitung menggunakan metode rasional dengan mempertimbangkan koefisien limpasan, intensitas hujan, dan luas daerah tangkapan air. Alur proses pengolahan data disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengolahan Data

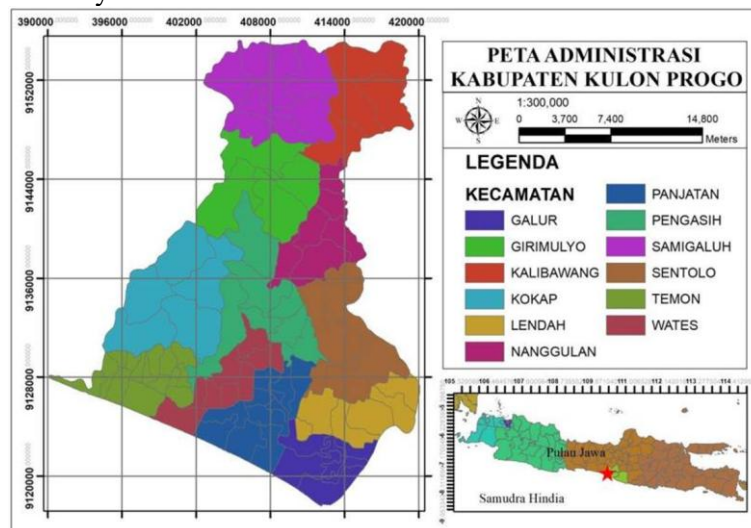
Seluruh data spasial kemudian diolah menggunakan perangkat lunak SIG melalui proses interpolasi data curah hujan, pembuatan layer tematik, dan tumpang-tindih (*overlay*) antar-layer

untuk membentuk unit lahan. Setiap unit lahan digunakan sebagai dasar perhitungan laju erosi menggunakan metode USLE dan MUSLE.

Perhitungan numerik faktor R, K, LS, C, dan P, serta parameter Q dan q_p dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolah data tabular. Hasil perhitungan selanjutnya diintegrasikan kembali ke dalam sistem SIG untuk menghasilkan peta sebaran potensi erosi. Visualisasi hasil analisis disajikan dalam bentuk peta potensi erosi dan peta prioritas konservasi tanah dan air yang digunakan sebagai dasar perencanaan pengelolaan lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kabupaten Kulon Progo, yang terletak di bagian barat Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara astronomis, wilayah ini berada pada koordinat $7^{\circ}38'42''$ – $7^{\circ}59'03''$ Lintang Selatan dan $110^{\circ}01'37''$ – $110^{\circ}16'26''$ Bujur Timur, dengan batas wilayah meliputi Kabupaten Magelang di utara, Kabupaten Purworejo di barat, Samudera Hindia di selatan, serta Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul di timur. Kabupaten Kulon Progo terdiri dari 12 Kecamatan, sebarannya dapat dilihat pada Gambar 2. Luas wilayahnya sekitar 586,28 km² dengan populasi diperkirakan mencapai 443.053 jiwa pada pertengahan 2023 menurut data resmi BPS (2024), sehingga menunjukkan dominasi sektor pertanian sebagai sumber mata pencaharian utama masyarakat di daerah ini.



Gambar 2. Peta Administrasi Kabupaten Kulon Progo

Kondisi iklim di Kabupaten Kulon Progo tergolong tropis dengan curah hujan tahunan yang relatif tinggi, dipengaruhi oleh kedekatannya dengan Samudera Hindia yang memicu intensitas hujan cukup besar sepanjang tahun. Dalam satu dekade terakhir, dinamika penggunaan lahan menunjukkan peningkatan luas lahan sawah dan kawasan terbangun serta penurunan lahan pertanian lahan kering, khususnya tegalan (Sukri et al., 2021). Perubahan tersebut mencerminkan tekanan konversi lahan akibat pembangunan infrastruktur dan urbanisasi yang berdampak pada pola ruang dan pengelolaan sumber daya lahan (Utami et al., 2024). Kombinasi antara curah hujan tinggi, perubahan penggunaan lahan, dan kondisi topografi wilayah menjadikan Kabupaten Kulon Progo rentan terhadap degradasi lahan, khususnya erosi tanah, sehingga estimasi erosi menjadi penting sebagai dasar perencanaan konservasi lahan dan air yang berkelanjutan.

Hasil Prediksi Erosi Metode USLE

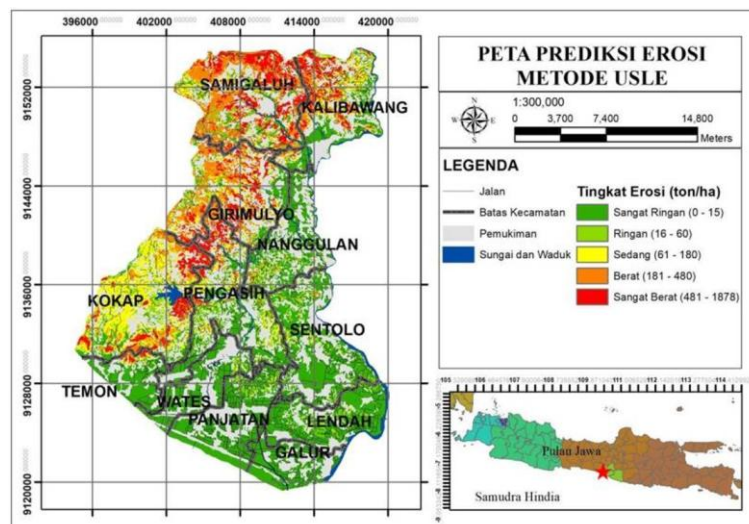
Metode USLE digunakan untuk memprediksi kehilangan tanah akibat erosi (A) berdasarkan faktor R, K, LS, C, dan P. Hasil analisis dari masing-masing faktor akan dijelaskan pada sub bab ini. Faktor erosivitas hujan (R), menunjukkan bahwa nilai erosivitas tertinggi berada

di wilayah utara, sebesar 2.136 – 3.412 MJ mm/ha/jam/tahun dibandingkan nilai terendahnya sebesar 652 MJ mm/ha/jam/tahun pada wilayah selatan. Tingginya nilai R di wilayah tersebut dipengaruhi oleh kondisi topografi Perbukitan Menoreh yang memicu terjadinya hujan orografis. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG, 2022), hujan orografis terjadi ketika massa udara lembap dari Samudra Hindia naik mengikuti lereng Perbukitan Menoreh dan mengalami kondensasi, sehingga meningkatkan intensitas hujan. Kondisi ini menyebabkan wilayah utara Kulon Progo memiliki tingkat erosivitas yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya.

Selanjutnya, faktor erodibilitas tanah (K), nilai K ditentukan berdasarkan klasifikasi Puslitbang Pengairan Bogor (1985). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai K berkisar antara 0,175 hingga 0,304. Nilai terendah (0,175) terdapat pada tanah Latosol Coklat, sedangkan nilai tertinggi (0,304) terdapat pada tanah Regosol Kelabu. Menurut Asdak (2023), semakin tinggi nilai K, semakin besar respon tanah terhadap hujan, sehingga potensi erosi menjadi semakin tinggi. Oleh karena itu, wilayah dengan dominasi Regosol dan Grumusol (Kecamatan Wates, Nanggulan, Lendah, dan Sentolo) memiliki tingkat kerentanan erosi yang lebih besar dibandingkan wilayah lainnya.

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) dilakukan dengan pendekatan Foster dan McCool pada tahun 1977, serta dikembangkan menggunakan metode Desmet dan Govers sebagaimana direkomendasikan ESRI (2017). Metode ini mempertimbangkan arah aliran dan akumulasi limpasan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai LS tertinggi terdapat di wilayah Perbukitan Menoreh (wilayah utara dan sebagian barat). Tingginya nilai LS dipengaruhi oleh kemiringan lereng yang curam dan panjang lereng yang besar. Menurut Naharuddin (2020), peningkatan kemiringan lereng akan menurunkan kohesi tanah, sedangkan panjang lereng yang besar meningkatkan energi aliran permukaan. Kedua faktor tersebut berkontribusi terhadap meningkatnya laju erosi.

Faktor CP diperoleh dari peta penggunaan lahan Kabupaten Kulon Progo yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial. Nilai CP ditentukan berdasarkan klasifikasi Naharuddin (2020). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai CP berkisar antara 0 hingga 1. Nilai tertinggi (1) terdapat pada kawasan permukiman, sedangkan nilai terendah (0) terdapat pada tubuh air. Penggunaan lahan tegalan memiliki nilai CP sebesar 0,35, sedangkan sawah irigasi dan sawah tadah hujan masing-masing sebesar 0,02 dan 0,01. Semakin besar nilai CP, semakin kecil kemampuan vegetasi dan pengelolaan lahan dalam menekan erosi (Asdak, 2023).



Gambar 3. Hasil Prediksi Erosi Metode USLE

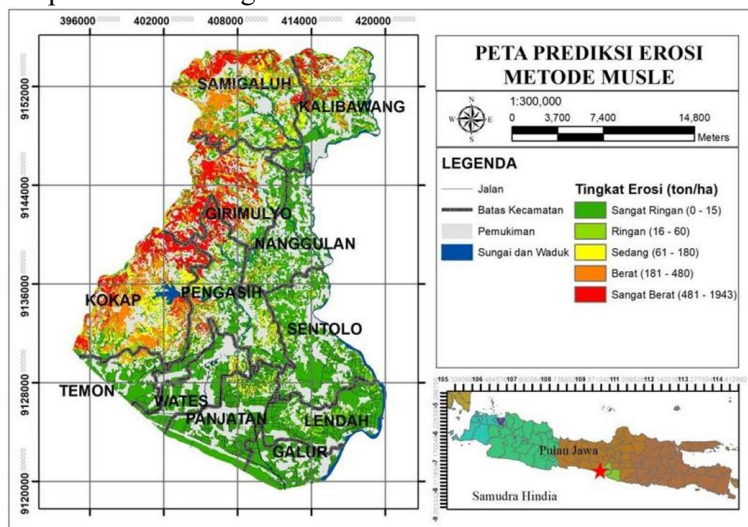
Pemodelan erosi dilakukan menggunakan metode USLE berbasis Sistem Informasi Geografis dengan ukuran pixel 25×25 m. Setiap pixel merepresentasikan luasan sebesar 625 m². Pendekatan berbasis pixel dinilai mampu meningkatkan ketelitian pemodelan pada wilayah

bertopografi kompleks (Lorito et al., 2004). Hasil pemodelan (Gambar 3), menunjukkan bahwa tingkat erosi sangat berat (481–1.878 ton/ha/tahun) terjadi di wilayah Perbukitan Menoreh. Kondisi ini dipengaruhi oleh tingginya nilai erosivitas hujan dan faktor LS pada wilayah tersebut.

Berdasarkan klasifikasi Departemen Kehutanan (1998), tingkat bahaya erosi di Kabupaten Kulon Progo terbagi menjadi lima kelas. Tingkat sangat ringan memiliki luas 18.580,6 ha (35,16%), tingkat ringan 9.522,9 ha (18,02%), tingkat sedang 11.273,4 ha (21,33%), tingkat berat 9.386,9 ha (17,76%), dan tingkat sangat berat 4.084,2 ha (7,73%). Rata-rata laju erosi di wilayah penelitian sebesar 47,06 ton/ha/tahun. Nilai ini menunjukkan bahwa Kabupaten Kulon Progo memiliki tingkat risiko erosi yang cukup tinggi, terutama di wilayah perbukitan.

Hasil Prediksi Erosi Metode MUSLE

Metode MUSLE merupakan modifikasi dari USLE dengan mengganti faktor erosivitas hujan (R) menjadi faktor limpasan permukaan, yaitu Q dan qp. Penentuan faktor tebal limpasan permukaan (Q) diawali dengan penentuan nilai curve number (CN) berdasarkan tekstur tanah dan penggunaan lahan. Nilai CN pada Kabupaten Kulon Progo berkisar antara 25–89, dengan nilai tertinggi pada permukiman dan terendah pada lahan rumput. Hasil perhitungan yang diolah dengan ArcMap menunjukkan bahwa tebal limpasan permukaan relatif tinggi di wilayah selatan Kabupaten Kulon Progo. Selain itu, perhitungan debit puncak limpasan (qp) melibatkan koefisien limpasan permukaan (C), intensitas hujan (I), dan luas daerah aliran sungai (A). Nilai koefisien limpasan (C) berkisar antara 0,18–0,50, dengan nilai tertinggi pada kawasan permukiman. Intensitas hujan dihitung berdasarkan waktu konsentrasi (Tc) dengan acuan Daerah Aliran Sungai (DAS), dimana Kabupaten Kulon Progo terdiri dari 2 DAS utama yaitu DAS Serang dan Progo. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai Tc DAS Serang sebesar 3,67 jam dan DAS Progo sebesar 6,16 jam. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk memperoleh peta debit puncak limpasan permukaan di Kabupaten Kulon Progo.



Gambar 4. Hasil Prediksi Erosi Metode MUSLE

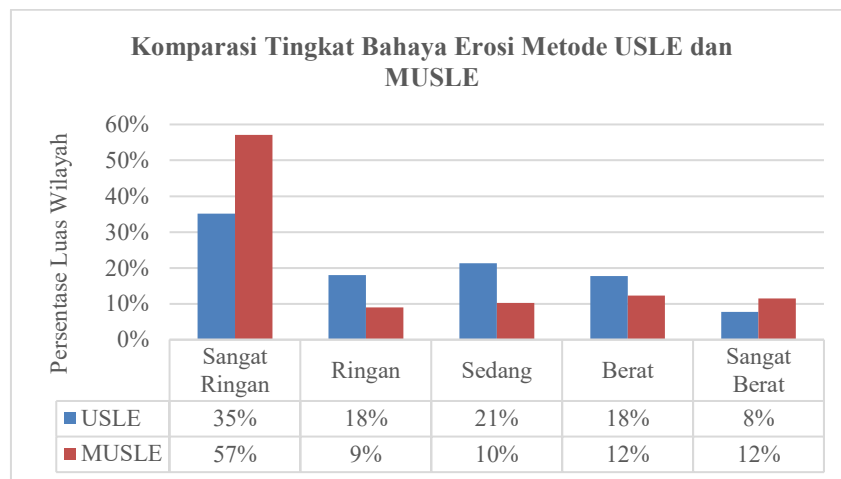
Peta faktor tebal limpasan (Q) dan debit puncak (qp) dioverlay dengan faktor K, LS, dan CP menggunakan Persamaan 2 untuk memperoleh nilai sedimentasi. Laju erosi kemudian dihitung dengan membagi nilai sedimen terhadap sediment delivery ratio (SDR). Nilai SDR pada DAS Serang sebesar 0,1715 dan DAS Progo sebesar 0,1606. Hal ini sesuai dengan Naharuddin (2020) yang menyatakan bahwa semakin luas DAS, semakin kecil nilai SDR.

Hasil pemodelan (Gambar 3) menunjukkan bahwa erosi sangat berat berkisar antara 481–1.943 ton/ha/tahun dan dominan terjadi di wilayah Perbukitan Menoreh. Berbeda dengan metode USLE yang menunjukkan erosi tertinggi di bagian utara, metode MUSLE menunjukkan erosi sangat berat lebih dominan di bagian tengah dan selatan Perbukitan Menoreh. Hal ini disebabkan oleh akumulasi aliran permukaan di bagian bawah lereng yang meningkatkan volume dan kecepatan aliran (Naharuddin, 2020), serta besarnya nilai tebal limpasan di wilayah selatan.

Berdasarkan klasifikasi potensi erosi, tingkat bahaya erosi sangat ringan mendominasi dengan luas 21.351,8 ha (57,05%), sedangkan tingkat bahaya erosi ringan memiliki persentase terendah sebesar 8,96% atau seluas 3.352,3 ha. Rata-rata laju erosi di Kabupaten Kulon Progo berdasarkan metode MUSLE sebesar 49,89 ton/ha/tahun.

Perencanaan Konservasi Tanah dan Air

Gambar 5. menunjukkan perbandingan potensi erosi tanah di Kabupaten Kulon Progo berdasarkan metode USLE dan MUSLE pada lima tingkat bahaya erosi. Hasil analisis menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, terutama pada tingkat bahaya erosi sangat ringan. Metode USLE menghasilkan persentase sebesar 35%, sedangkan metode MUSLE sebesar 57%.



Gambar 5. Komparasi Tingkat Bahaya Erosi Metode USLE dan MUSLE

Selain itu, hasil laju erosi rata-rata metode USLE sebesar 47,06 ton/ha/tahun atau setara 3,25 mm/tahun, sedangkan metode MUSLE sebesar 49,89 ton/ha/tahun atau 3,44 mm/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa metode MUSLE menghasilkan estimasi laju erosi yang lebih tinggi dibandingkan metode USLE. Perbedaan ini sejalan dengan penelitian Nugraheni et al. (2013) yang menyatakan bahwa metode USLE cenderung menghasilkan nilai erosi lebih rendah dibandingkan MUSLE, dengan perbandingan sebesar 1 : 1,36. Pada penelitian ini, perbandingan laju erosi USLE dan MUSLE sebesar 1 : 1,06, menunjukkan bahwa perbedaan kedua metode relatif lebih kecil namun tetap signifikan.

Berdasarkan hasil analisis, metode USLE digunakan sebagai dasar perencanaan konservasi tanah dan air karena dinilai lebih mendekati nilai pembentukan tanah (T) sebesar 2,5 mm/tahun serta lebih sesuai dengan kondisi lapangan. Selain itu, metode MUSLE dianggap kurang memadai akibat keterbatasan data, terutama pada faktor limpasan permukaan. Konservasi tanah bertujuan mencegah kerusakan tanah akibat erosi, sedangkan konservasi air berfokus pada pemanfaatan air hujan secara efisien. Kedua upaya tersebut saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan (Naharuddin, 2020).

Prioritas konservasi ditentukan berdasarkan tingkat bahaya erosi berat dan sangat berat. Kecamatan Samigaluh menjadi prioritas utama dengan persentase erosi berat dan sangat berat sebesar 24,9%, sedangkan Kecamatan Panjatan menjadi prioritas terakhir dengan persentase sebesar 0,7%. Dengan demikian, perencanaan konservasi difokuskan pada wilayah dengan tingkat risiko erosi tertinggi. Penggunaan lahan merupakan faktor utama yang mempengaruhi erosi. Lahan tegalan dan kebun mendominasi wilayah prioritas konservasi, dengan nilai faktor CP masing-masing sebesar 0,35 dan 0,07. Nilai CP yang tinggi menunjukkan rendahnya kemampuan lahan dalam menahan erosi. Oleh karena itu, diperlukan upaya konservasi untuk menurunkan nilai CP.

Metode konservasi tanah dan air dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu metode vegetatif, mekanik, dan kimia (Naharuddin, 2020). Metode vegetatif dilakukan melalui

pemanfaatan tanaman penutup tanah, metode mekanik melalui pembangunan teras dan bangunan pengendali erosi, serta metode kimia melalui peningkatan stabilitas agregat tanah. Pada wilayah dengan tingkat bahaya erosi berat dan sangat berat, tindakan konservasi yang direkomendasikan adalah metode vegetatif dan mekanik. Pada lahan tegalan, pembangunan teras bangku dapat menurunkan faktor CP menjadi 0,2. Pada lahan kebun, penutupan lahan secara optimal dapat menurunkan CP menjadi 0,01. Selain itu, alih fungsi lahan menjadi hutan dengan nilai CP sebesar 0,001 juga dapat menjadi alternatif. Penelitian terkini menunjukkan bahwa penerapan praktik konservasi tanah dan air yang tepat, seperti pengelolaan vegetasi penutup, terasering, dan pengaturan pola tanam, mampu menurunkan laju erosi secara signifikan. Borrelli et al., (2023) melaporkan bahwa penerapan konservasi lahan secara terpadu dapat mengurangi kehilangan tanah hingga lebih dari 40% pada wilayah berlereng. Selain itu, Dharmawan et al. (2023) menunjukkan bahwa praktik konservasi berbasis vegetasi dan pengelolaan lahan berkelanjutan efektif dalam menekan degradasi tanah dan meningkatkan stabilitas hidrologi. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan konservasi yang tepat berpotensi menurunkan risiko erosi secara signifikan di Kabupaten Kulon Progo.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemodelan erosi tanah berbasis Sistem Informasi Geografis menggunakan metode USLE dan MUSLE mampu memberikan gambaran kuantitatif dan spasial mengenai tingkat kerentanan erosi di Kabupaten Kulon Progo. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata laju erosi berdasarkan metode USLE sebesar 47,06 ton/ha/tahun (3,25 mm/tahun), sedangkan metode MUSLE sebesar 49,89 ton/ha/tahun (3,44 mm/tahun). Metode USLE mengklasifikasikan tingkat bahaya erosi sangat ringan hingga sangat berat dengan persentase berturut-turut sebesar 35,16%, 18,02%, 21,33%, 17,76%, dan 7,73%, sedangkan metode MUSLE menunjukkan dominasi tingkat sangat ringan sebesar 57,05%. Laju erosi sangat berat pada kedua metode berada pada kisaran 481–1.878 ton/ha/tahun untuk USLE dan 481–1.943 ton/ha/tahun untuk MUSLE, yang terutama terkonsentrasi di wilayah Perbukitan Menoreh. Perbandingan kedua metode menunjukkan rasio laju erosi sebesar 1 : 1,06, dengan MUSLE menghasilkan nilai sedikit lebih tinggi. Secara umum, hasil ini menegaskan bahwa risiko erosi di Kabupaten Kulon Progo tergolong tinggi dan melampaui batas toleransi pembentukan tanah, sehingga diperlukan perencanaan konservasi tanah dan air berbasis prioritas wilayah untuk menjaga keberlanjutan lingkungan dan produktivitas lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem Universitas Udayana, Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem Universitas Gadjah Mada, serta instansi terkait atas dukungan data, fasilitas, dan pendampingan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini, sehingga kegiatan penelitian dapat berjalan dengan baik dan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfajri, W., Kristanto, W. A. D., & Santoso, D. H. (2022). Evaluasi lahan berdasarkan kualitas dan karakteristik lahan pada bekas pertambangan tanah urug di Dusun Pucang Gading, Kelurahan Hargomulyo, Kapanewon Kokap, Kabupaten. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Ke-IV*, November, 173–178.
- Asdak, C. (2020). *Hidrologi: Dan pengelolaan daerah aliran sungai* (Edisi ke-1). Gadjah Mada University Press.

- Asril, M., Nirwanto, Y., Purba, T., Mpia, L., Rohman, H. F., Siahaan, A. S., Sitorus, E., Junairiah, Sa'adah, T. T., Triastuti, Sudarmi, N., Mahyati, & Mazlina. (2022). *Ilmu tanah*. Yayasan Kita Menulis.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2022). Informasi iklim dan karakteristik hujan di wilayah Indonesia. BMKG. <https://www.bmkg.go.id>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Kabupaten Kulon Progo dalam angka 2024*. <https://kulonprogokab.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/7a85f967bff5363dd4631b61/kabupaten-kulon-progo-dalam-angka-2024.html>
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Meusburger, K., Modugno, S., Schütt, B., Ferro, V., Bagarello, V., Oost, K. Van, Montanarella, L., & Panagos, P. (2023). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Dharmawan, I. W. S., Siregar, C. A., Narendra, B. H., Kadek, N., & Undaharta, E. (2023). Implementation of soil and water conservation in Indonesia and its impacts on biodiversity, hydrology, soil erosion and microclimate. *Applied Sciences*, 13, 7648. <https://doi.org/10.3390/app13137648>
- Kinnell, P. I. A. (2010). Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: A review. *Journal of Hydrology*, 385(1–4), 384–397. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.01.024>
- Naharuddin, N. (2020). *Konservasi tanah dan air*. Penerbit Media Sains Indonesia.
- Nifen, S. Y., Kironoto, B. A., & Luknanto, D. (2016). Kajian erosi dengan metode MUSLE daerah tangkapan hujan Waduk Sermo Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 3(2), 48–59.
- 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>
- Prabowo, R., Bambang, A. N., & Sudarno. (2020). Pertumbuhan penduduk dan alih fungsi lahan pertanian. *Mediagro*, 16(2), 26–36. <https://doi.org/10.31942/mediagro.v16i2.3755>
- Purwosari, D. I. D., Girmulyo, K., Progo, K., & Yogyakarta, D. I. (2022). Evaluasi kesesuaian lahan tanaman teh (*Camellia sinensis*). *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal)*, 19(Juni), 40–47. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/jta/index>
- Rafif, M. A., & Widiarti, W. Y. (2024). Effects of land use change on soil erosion and land critical level using GIS in the Mayang Watershed. *Geosfera Indonesia*, 9(2), 122–143. <https://doi.org/10.19184/geosi.v9i2.39670>
- Setiawan, W., Habibi, A., Setiawan, A. R., Silvia, N., & Wahyudi, A. (2025). Analisis proyeksi penggunaan lahan sawah untuk kebutuhan dan ketersediaan beras di Kabupaten Jember tahun 2032. *Tunas Agraria*, 8(May), 219–235. <https://doi.org/10.31292/jta.v8i2.440>
- Sukri, I., Harini, R., & Sudrajat. (2021). Analisis perubahan penggunaan lahan di Kabupaten Kulon Progo menggunakan citra Landsat 7 tahun 2011 dan Landsat 8 tahun 2019, 255–263.
- Usman, M. Z., Lihawa, F., & Baderan, D. W. K. (2025). Implikasi pertumbuhan penduduk dan alih fungsi lahan sawah terhadap ketahanan pangan di Provinsi Gorontalo. *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 3(1), 214–225. <https://doi.org/10.62383/wissen.v3i1.538>
- Utami, W., Sugiyanto, C., & Rahardjo, N. (2024). Analysis of land use dynamics in Kulon Progo Regency. *Proceedings of SPIE*, 12977, 1297709. <https://doi.org/10.1117/12.3009235>
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning* (USDA Agriculture Handbook No. 37). U.S. Department of Agriculture.