

Pemanfaatan Metode Universal Soil Loss Equation untuk Penentuan Kawasan Konservasi Lahan di Sub Daerah Aliran Sungai Cihaur

Utilization of the Universal Soil Loss Equation Method for Determining Land Conservation Areas in the Cihaur Watershed Sub-Basin

Reisha Herliawati¹, Khusnul Awaliah², Andy Wibawa Nurrohman³, Haikal Muhammad Ihsan⁴

^{1,2,3,4} Pendidikan Geografi, Universitas Pendidikan Indonesia

herliawati@upi.edu

Abstrak

Erosi tanah merupakan salah satu permasalahan utama dalam pengelolaan daerah aliran sungai (DAS), khususnya pada wilayah dengan topografi curam dan intensitas hujan tinggi seperti DAS Citarum. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi laju erosi dengan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) serta menentukan zonasi kawasan konservasi lahan di Sub DAS Cihaur. Data yang digunakan meliputi faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), penutup lahan (C), serta tindakan konservasi (P), yang dianalisis secara spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil analisis menunjukkan bahwa Sub DAS Cihaur memiliki variasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dari sangat ringan hingga sangat berat. Sebagian besar wilayah termasuk kategori sangat ringan hingga ringan ($\pm 69,4\%$), sedangkan wilayah dengan kategori berat hingga sangat berat mencakup $\pm 21,5\%$ dari total area, yang umumnya berada di lereng curam dengan penggunaan lahan pertanian terbuka. Zonasi konservasi yang dihasilkan merekomendasikan perlindungan vegetasi alami dan pengendalian alih fungsi lahan pada TBE sangat ringan–ringan, konservasi vegetatif intensif seperti agroforestri, cover crops, dan rotasi tanaman pada TBE sedang, serta konservasi mekanik sederhana, revegetasi prioritas, dan penanaman strip rumput pada TBE berat–sangat berat. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa novelty pada penerapan USLE dalam konteks Sub DAS Cihaur yang belum banyak dikaji sebelumnya. Hasil penelitian tidak hanya menghasilkan prediksi kuantitatif erosi, tetapi juga memberikan dasar aplikatif bagi penentuan kawasan konservasi lahan, sehingga dapat mendukung strategi pengelolaan DAS Citarum Hulu yang berkelanjutan.

Kata kunci: USLE, Konservasi Lahan, Erosi Tanah, Sub-DAS Cihaur, DAS Citarum Hulu

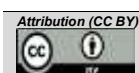
Abstract

Soil erosion is one of the major challenges in watershed management, particularly in areas with steep topography and high rainfall intensity such as the Upper Citarum Watershed. This study aims to predict soil erosion rates using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and to determine land conservation zones in the Cihaur Sub-watershed. The analysis employed rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), slope length and steepness (LS), land cover (C), and conservation practices (P), which were spatially processed using Geographic Information Systems (GIS). The results indicate that the Cihaur Sub-watershed exhibits varying levels of erosion hazard (TBE), ranging from very low to very severe. The majority of the area falls into the very low to low categories ($\pm 69.4\%$), while severe to very severe categories cover approximately 21.5% of the total area, predominantly located on steep slopes with open agricultural land. The conservation zoning suggests maintaining natural vegetation and controlling land-use change in very low–low TBE areas; implementing intensive vegetative conservation such as agroforestry, cover crops, and crop rotation in moderate TBE areas; and applying simple mechanical measures, priority revegetation, and contour strip planting in severe–very severe TBE areas. This study contributes a novelty by applying USLE specifically in the context of the Cihaur Sub-watershed, which has been rarely studied before. The findings provide not only quantitative estimates of soil erosion but also practical recommendations for land conservation zoning, thereby supporting sustainable watershed management strategies in the Upper Citarum Basin.

Keywords: USLE, Land Conservation, Soil Erosion, Cihaur Sub-Watershed, Citarum Hulu Watershed

Pendahuluan

Perubahan penggunaan lahan yang berlangsung secara masif dan tidak terkendali di kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) menjadi salah satu penyebab utama degradasi lahan, terutama dalam bentuk erosi



tanah. Erosi terjadi ketika lapisan permukaan tanah yang subur terangkat oleh kekuatan air hujan dan aliran permukaan, mengakibatkan penurunan produktivitas lahan serta meningkatnya sedimentasi. Fenomena ini umum terjadi di wilayah tropis seperti Indonesia, yang memiliki curah hujan tinggi, topografi beragam, serta tekanan penggunaan lahan yang tinggi akibat pertumbuhan penduduk dan ekspansi ekonomi (Pakoksung, 2024; Andriyani et al., 2024). Salah satu model prediktif yang paling luas digunakan dalam pemetaan potensi erosi adalah Universal Soil Loss Equation (USLE), yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti erosivitas hujan, erodibilitas tanah, kemiringan lereng, tutupan lahan, dan praktik konservasi (Fiener et al., 2020). Model ini sangat cocok dengan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan analisis spasial berbasis zonasi (Fadli et al., 2024; Azzahra et al., 2024). Sejumlah penelitian di Indonesia membuktikan efektivitas metode ini dalam memetakan risiko erosi di berbagai DAS dengan kondisi biofisik yang beragam.

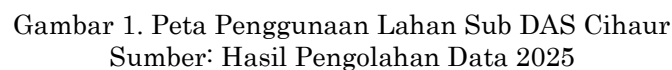
Berbagai penelitian telah memanfaatkan USLE untuk mengidentifikasi wilayah rawan erosi di berbagai sub-DAS di hulu Citarum. (Susandi et al., 2022) melakukan kajian di Sub DAS Cirasea dan menunjukkan bahwa intensitas erosi bervariasi menurut jenis penggunaan lahan, lahan kakao termasuk dalam kategori bahaya erosi tinggi hingga sangat tinggi, sedangkan lahan sawah cenderung rendah. Sementara itu, (Riyaldi et al., 2019) mengungkapkan bahwa alih fungsi lahan di Sub DAS Cikaro menyebabkan tingkat kehilangan lahan hingga 116 ton/ha/tahun, menandakan perlunya konservasi berbasis zonasi risiko. Namun penelitian-penelitian tersebut umumnya hanya mencakup beberapa sub-DAS dan belum secara spesifik membahas kondisi terkini di Sub DAS Cihaur. Padahal, wilayah ini merupakan salah satu kontributor penting terhadap sistem aliran Citarum, dengan karakteristik geomorfologis yang beragam, intensitas pembangunan yang tinggi, dan minimalnya upaya konservasi sistematis (Yulianto et al., 2020). Kondisi DAS Citarum sangat memprihatinkan akibat pencemaran dan erosi, yang disebabkan oleh kegiatan manusia dalam memanfaatkan sumberdaya alam tanpa disertai tindakan konservasi menimbulkan kerusakan lingkungan (Sarminah et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi laju erosi dengan pendekatan USLE berbasis SIG, serta menentukan prioritas zona konservasi di Sub DAS Cihaur. Keterbaruan dari penelitian ini terletak pada fokus spasialnya, yaitu Sub-DAS Cihaur, yang hingga saat ini belum banyak dikaji secara eksplisit dalam konteks prediksi erosi berbasis USLE (Azzahra et al., 2024; Fadli et al., 2024). Literatur sebelumnya cenderung fokus pada sub-DAS lain seperti Cirasea atau Cikaro, sehingga Sub DAS Cihaur masih menjadi “ruang kosong” dalam kajian konservasi lahan berbasis spasial. Selain itu, pendekatan ini menggabungkan teknologi SIG (Sistem Informasi Geografis) untuk memetakan kawasan rawan erosi yang lebih presisi, guna menghasilkan rekomendasi tata guna lahan yang adaptif terhadap kondisi lokal.

Permasalahan erosi di wilayah ini tidak hanya berdampak pada produktivitas lahan, namun juga berkontribusi pada peningkatan beban sedimentasi di bagian hilir DAS Citarum. Oleh karena itu, pentingnya penelitian ini tidak hanya terletak pada aspek akademis, tetapi juga dalam kontribusinya terhadap perencanaan konservasi lahan dan pengurangan risiko bencana lingkungan akibat erosi. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar perencanaan konservasi berbasis zona risiko dan mendukung pengelolaan DAS secara terpadu dan berkelanjutan.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Sub DAS Cihaur, yang merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Sub-DAS Cihaur berada di sisi utara cekungan bendungan yang sejajar dengan sub -DAS Cikapundung. Sub-DAS ini berhulu di Gunung Tangkuban Parahu kemudian mengalir ke arah selatan melalui Parongpong, menyeberang Kota Cimahi, dan berujung di sekitar Curug Jompong di Margaasih. Sub-DAS Cihaur berada pada koordinat 6° 43' 8.603" LS dan 108° 9' 6.503" BT. Sub DAS Cihaur sendiri memiliki topografi yang bervariasi dengan kemiringan lereng datar (0-2%) hingga sangat curam (70-140%), dan ketinggian 616 - 2.077 mdpl, dengan tutupan lahan yang didominasi oleh, lahan pertanian, ladang dan pemukiman, serta wilayah yang mengalami tekanan tinggi akibat alih fungsi lahan dan degradasi vegetasi. Sebaran jenis penggunaan lahan disajikan pada Gambar 1. Penggunaan Lahan Sub DAS Cihaur Selain itu, sebagian besar wilayah selatan Sub DAS Cihaur ini didominasi oleh tanah berjenis fluvial yang rentan terhadap erosi, terutama jika tidak ada vegetasi penutup lahan. Sementara di bagian utara, Sub DAS ini didominasi oleh tanah andosol yang memiliki vegetasi hutan sehingga cukup kuat dalam menahan erosi.



Dalam penelitian ini terdapat enam tahapan utama yang dilakukan, sebagaimana disajikan pada Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian. Tahapan penelitian ini dimulai dengan identifikasi masalah dan studi literatur yang relevan, dilanjutkan dengan pengumpulan data spasial dan nonspasial. Data yang dikumpulkan mencakup curah hujan dengan rentang waktu 10 tahun (2014-2023) untuk menentukan erosivitas tanah (faktor R), jenis tanah untuk menentukan erodibilitas tanah (faktor K), kemiringan lereng dan panjang lereng (faktor LS), penggunaan lahan (faktor C), serta praktik konservasi yang ada. Jenis dan Sumber Data yang digunakan disajikan pada Tabel 1.



Jenis Data	Variabel	Sumber Data
Curah Hujan	R (erosivitas hujan)	BBWS Citarum
Data Jenis Tanah	K (erodibilitas tanah)	FAO Soil Map
DEM	LS (panjang dan kemiringan lereng)	Ina Geoportal
Citra Satelit Landsat	CP (penggunaan lahan dan praktik konservasi)	Google Earth Explorer

Setelah seluruh data dikumpulkan, tahap berikutnya adalah pengolahan data spasial menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dan diintegrasikan dalam perangkat lunak ArcGIS. Universal Soil Loss Equation (USLE), adalah sebuah model empiris untuk memprediksi kehilangan tanah rata-rata tahunan akibat erosi yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978). Model ini masih banyak digunakan dan dikembangkan hingga saat ini karena mampu memberikan estimasi laju erosi yang baik meskipun berbasis pendekatan empiris (Pakoksung, 2024; Syamsiyah et al., 2024). Setiap faktor

dalam persamaan USLE dipetakan secara terpisah, lalu dilakukan analisis overlay untuk menggabungkan seluruh variabel spasial. Bentuk umum persamaan USLE adalah:

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

Dengan:

- A : Laju Erosi Tanah (ton/ha/tahun)
- R : Nilai Erosivitas Hujan
- K : Koefisien Erodibilitas Tanah
- LS : Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)
- C : Penutup Vegetasi
- P : Konservasi tanah

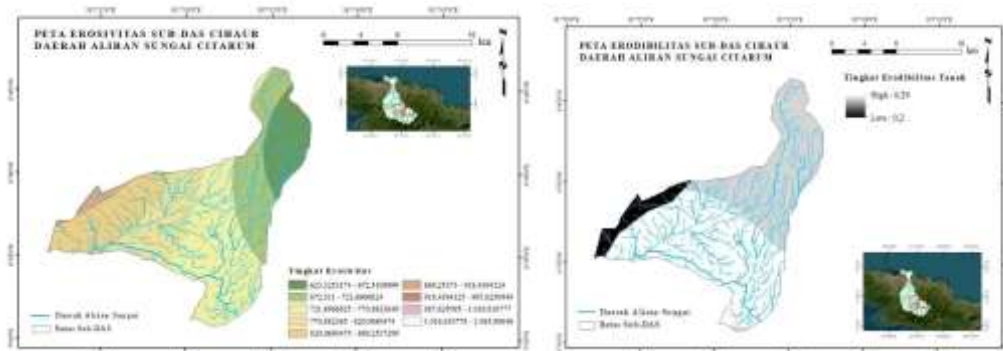
Hasil perhitungan laju erosi kemudian diklasifikasikan berdasarkan tingkat bahaya erosi (TBE) ke dalam lima kategori, yaitu: sangat ringan (0-15 ton/ha/tahun), ringan (15-60 ton/ha/tahun), sedang (60-180 ton/ha/tahun), berat (180-480 ton/ha/tahun) dan sangat berat (>480 ton/ha/tahun). Pemetaan TBE dilakukan untuk mengidentifikasi wilayah yang paling rentan terhadap kerusakan lahan akibat erosi (Taslim et al., 2019; Susandi et al., 2022). Langkah akhir dalam metode ini adalah melakukan interpretasi hasil spasial untuk menghasilkan zona-zona dengan tingkat bahaya erosi tinggi hingga sangat tinggi ditetapkan sebagai prioritas konservasi lahan di wilayah Sub-DAS Cihaur.

Hasil Penelitian

Erosivitas hujan merupakan kemampuan curah hujan dalam memicu terjadinya erosi di suatu wilayah. Faktor erosivitas hujan (R) pada Sub DAS Cihaur menunjukkan kisaran nilai antara 623,33 hingga 1.065,99 mm/ha/tahun. Distribusi nilai R ini diperkirakan dari data rata-rata hujan tahunan selama 10 tahun (2014-2023). Distribusi nilai R menunjukkan bahwa wilayah utara menunjukkan nilai yang lebih rendah yaitu sekitar 623, sedangkan wilayah selatan menunjukkan nilai yang lebih tinggi, yaitu sekitar 1.065. Kondisi ini menunjukkan bahwa intensitas hujan menjadi salah satu faktor pemicu utama tingginya potensi erosi di wilayah tersebut.

Erodibilitas tanah merupakan salah satu indikator tingkat kerawanan tanah terhadap erosi. Nilai erodibilitas tanah bergantung pada resistensi tanah terhadap kerusakan luar serta penyerapan air oleh tanah. Penentuan nilai erodibilitas tanah dilakukan dengan mengidentifikasi jenis tanah. Faktor erodibilitas tanah (K) berkisar antara 0,20-0,29, yang mengindikasikan tingkat kerentanan tanah terhadap erosi berada pada kategori sedang. Distribusi nilai faktor K dikembangkan dari data tanah Fao Soil Map yang mencakup 4 jenis tanah berbeda di Sub DAS Cihaur, yaitu jenis tanah Fluvial, Brown Forest, Andosol dan Podsol Merah yang memiliki tekstur sedang hingga agak halus. Wilayah Sub-DAS Cihaur ini didominasi oleh jenis tanah Fluvial, yang terbentuk dari endapan sungai, memiliki tekstur halus (didominasi pasir, debu, dan lempung) dan umumnya subur karena material endapan yang kaya hara. Namun, karena pembentukannya dari proses deposisi material yang tidak terikat kuat, agregatnya cenderung kurang stabil. Kondisi ini membuat tanah fluvial sangat rentan terhadap erosi saat terkena curah hujan tinggi, terutama oleh aliran permukaan yang deras. Distribusi nilai K terkonsentrasi di bagian selatan Sub-DAS Cihaur, dengan nilai tinggi yaitu 0,29.

Peta yang menyajikan hasil distribusi erosivitas dan erodibilitas disajikan pada Gambar 3. Peta Erosivitas dan Erodibilitas Sub DAS Cihaur



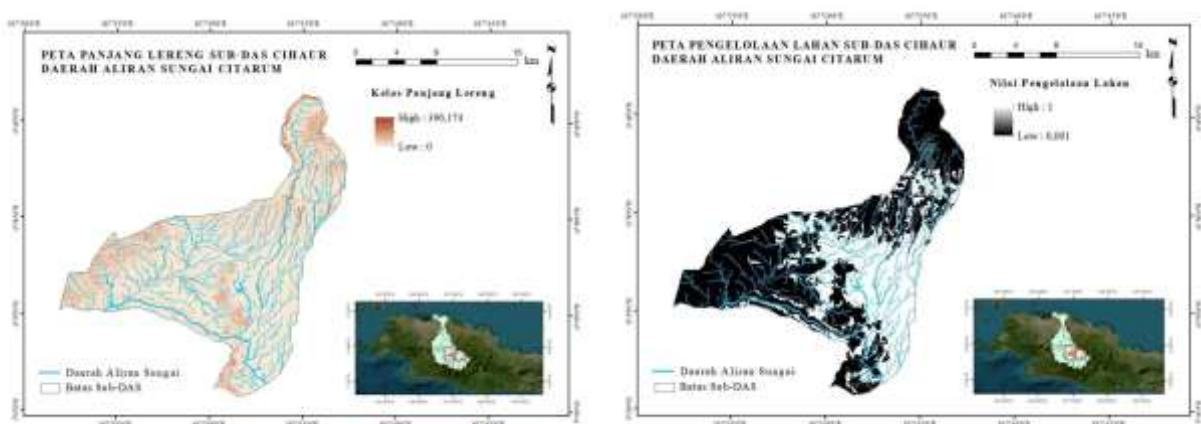
Gambar 3. Peta Erosivitas dan Erodibilitas Sub-DAS Cihaur
Sumber: Hasil Pengolahan Data 2025

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) memiliki variasi nilai yang cukup besar, yaitu antara 0 hingga 390,17. Distribusi nilai LS menunjukkan bahwa daerah pegunungan curam dengan lereng panjang pada Sub-DAS Cihaur menunjukkan nilai tertinggi yang berkontribusi pada percepatan aliran permukaan dan meningkatkan kapasitas transportasi sedimen. Sebaliknya, nilai LS yang rendah pada area datar hingga daratan, yang memiliki risiko erosi lebih kecil. Faktor LS ini adalah parameter penting untuk memprediksi erosi tanah yang disebabkan oleh air. Memahami nilainya di berbagai topografi sangat penting untuk membuat strategi pencegahan erosi yang efektif.

Faktor penutup lahan dan praktik konservasi (C dan P) digabungkan dalam bentuk faktor CP. Distribusi nilai CP berkisar dengan nilai antara 0,001 hingga 1. Nilai umumnya rendah terdapat pada area hutan dan vegetasi rapat, yang mampu melindungi permukaan tanah dari hantaman langsung air hujan dan memperlambat limpasan, daerah ini terletak di utara dan barat daya Sub-DAS Cihaur. Sementara itu, nilai tinggi terdapat pada area pemukiman, industri, dan daerah terbangun lainnya yang berada di dataran atau pada lahan pertanian terbuka tanpa tindakan konservasi yang memadai, membuat lahan lebih rentan terhadap erosi.

Berdasarkan hasil analisis perhitungan menggunakan metode USLE yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), nilai laju erosi di Sub DAS Cihaur memiliki variasi yang berkisar antara 0 hingga 13.287,10 ton/ha/tahun, dengan rata-rata sebesar 186,80 ton/ha/tahun. Variasi nilai ini dipengaruhi oleh kombinasi faktor erosivitas hujan (R), Erodibilitas tanah (K), faktor panjang dan kemiringan lereng (LS), faktor penutupan lahan (C), dan faktor praktik pengelolaan lahan di setiap bagian wilayah Sub DAS Cihaur. Nilai Standar Deviasi yang tinggi (563,38 ton/ha/tahun) menunjukkan adanya perbedaan ekstrim antara daerah yang relatif aman dari erosi dan daerah yang mengalami erosi sangat berat. Distribusi spasial memperlihatkan bahwa wilayah dengan erosi tinggi terkonsentrasi pada daerah pegunungan curam, sementara area datar dengan tutupan vegetasi baik cenderung memiliki tingkat erosi rendah. Hal ini konsisten dengan teori Wischmeier dan Smith (1978), yang menyatakan bahwa erosi merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor iklim, tanah, topografi, vegetasi, dan praktik konservasi.

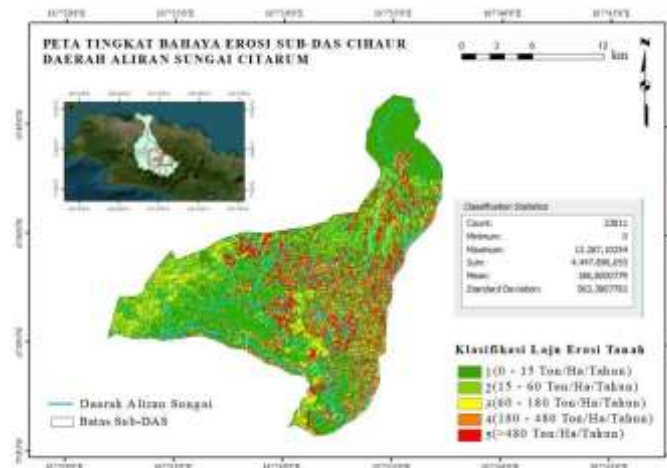
Distribusi kedua faktor tersebut disajikan secara jelas melalui Gambar 4. Yang menunjukkan Peta Panjang Lereng dan Pengelolaan Lahan Sub DAS Cihaur.



Gambar 4. Peta Panjang Lereng dan Pengelolaan Lahan Sub-DAS Cihaur
Sumber: Hasil Pengolahan Data 2025

Pembahasan

Setiap faktor dalam USLE berkontribusi terhadap variasi laju erosi. Faktor R (erosivitas hujan) di Sub DAS Cihaur tergolong tinggi (623,33–1.065,99 mm/ha/tahun), menunjukkan peran dominan curah hujan dalam mempercepat pelepasan partikel tanah. Faktor K (erodibilitas tanah) berada pada kisaran 0,20–0,29, mengindikasikan kerentanan sedang, namun pada kondisi curah hujan tinggi tanah tetap mudah terdispersi. Faktor LS (kemiringan dan panjang lereng) memiliki nilai ekstrim hingga 390,17, yang memperkuat peran topografi sebagai pengendali utama risiko erosi. Faktor CP menunjukkan variasi 0,001–1, di mana area dengan nilai tinggi (1) terbukti memiliki tingkat bahaya erosi lebih besar. Hasil ini mendukung pandangan Morgan (2005), bahwa topografi dan penggunaan lahan merupakan faktor utama kerentanan erosi pada daerah tropis basah. Temuan ini juga sejalan dengan studi Pakoksung (2024) yang menegaskan bahwa pada DAS dengan curah hujan tinggi di Asia Tenggara, kombinasi faktor topografi dan perubahan lahan menjadi faktor dominan pemicu erosi.



Gambar 5. Tingkat Bahaya Erosi Sub-DAS Cihaur
Sumber: Hasil Pengolahan Data 2025

Tabel 2.
Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) di Wilayah Sub-DAS Cihaur

Tingkat Bahaya Erosi (Ton/Ha/Tahun)	Luas (Ha)	Luas (%)	Keterangan
0 - 15	16433,39	53,639	Sangat Ringan
15 - 60	4831,46	15,770	Ringan
60 - 180	2780,50	9,076	Sedang
180 - 480	2793,37	9,118	Berat
> 480	3798,26	12,398	Sangat Berat
Jumlah	30636,98	100	

Sumber: Analisis Data Penelitian 2025

Berdasarkan hasil perhitungan USLE, laju erosi di Sub DAS Cihaur memiliki variasi 0 hingga 13.287,10 ton/ha/tahun. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) disajikan pada Tabel 2 dan distribusinya disajikan pada Gambar 5. Tingkat Bahaya Erosi Sub DAS Cihaur, yang menunjukkan bahwa sebagian besar Sub DAS Cihaur berada pada kategori sangat ringan dengan luas 16.433,39 ha atau 53,64% dari total luas wilayah Sub DAS Cihaur. Zona ini umumnya tersebar di bagian utara Sub DAS Cihaur. Meskipun wilayah tersebut memiliki topografi yang relatif curam, tingkat erosi di wilayah tersebut tetap tergolong sangat ringan karena karakteristik tanah yang didominasi oleh jenis tanah andisol yang memiliki struktur agregat stabil dan kuat serta kemampuan infiltrasi tinggi. Selain itu, tutupan lahan berupa hutan berperan penting dalam melindungi tanah dari energi kinetik butir hujan dan mengurangi aliran permukaan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah yang memiliki tingkat kerentanan rendah, umumnya didukung oleh kondisi fisik seperti kemiringan lereng, penutup vegetasi dan praktik pengelolaan yang baik. Morgan (2005) menekankan bahwa vegetasi merupakan komponen kunci konservasi tanah karena melindungi permukaan tanah dari pukulan hujan, memperlambat limpasan, dan memperbaiki struktur tanah melalui perakaran. Hal ini diperkuat oleh Syamsiyah et al. (2024) yang menemukan bahwa vegetasi penutup permanen pada Sub DAS Cisangkuy menurunkan laju erosi hingga 60% dibandingkan lahan terbuka.

Kategori Ringan mencakup luas 4.831,46 ha (15,77%) dari total luas Sub DAS Cihaur, sedangkan kategori Sedang memiliki luas 2.780,50 ha (9,08%). Zona ini terdistribusi di beberapa bagian tengah DAS, zona tersebut umumnya memiliki karakteristik tanah brown forest yang relatif lebih mudah tererosi dibandingkan andisol. Penggunaan lahan di wilayah ini didominasi oleh sawah, kebun, dan ladang, dengan topografi yang bervariasi. Vegetasi pada kawasan ini mampu memberikan perlindungan tanah secara parsial, namun aktivitas pertanian yang intensif, terutama pada ladang terbuka, meningkatkan kerentanan terhadap hantaman hujan dan permukaan aliran. Oleh karena itu, meskipun erosi masih tergolong ringan hingga sedang, kawasan ini perlu dikelola dengan penerapan konservasi vegetatif dan praktik budidaya ramah lingkungan untuk mencegah peningkatan erosi lebih lanjut. Menurut Arsyad (2010), lahan pada kemiringan sedang masih dapat dikelola dengan teknik konservasi vegetatif seperti mulsa, strip cropping, atau agroforestri. Azzahra et al. (2024) juga menekankan bahwa kombinasi praktik konservasi vegetatif dan mekanik mampu menurunkan TBE secara signifikan di Sub DAS Way

Sekampung. Oleh karena itu, meski tingkat bahaya erosinya tidak tinggi, wilayah ini tetap memerlukan pemantauan agar tidak mengalami degradasi lebih lanjut.

Kategori Berat meliputi 2.793,37 ha (9,12%) dan kategori Sangat Berat meliputi 3.798,26 ha (12,40%). Wilayah ini umumnya tersebar di bagian selatan Sub DAS Cihaur. Zona ini umumnya berada pada tanah fluvial yang memiliki karakteristik bertekstur halus, didominasi pasir, debu, dan lempung, yang menyebabkan materialnya tidak terikat kuat sehingga agregatnya cenderung kurang stabil. Kondisi ini membuat tanah fluvial sangat rentan terhadap erosi saat terkena curah hujan tinggi, terutama oleh aliran permukaan yang deras terutama pada topografi yang curam. Pemanfaatan lahan di zona ini didominasi oleh lahan terbangun yang memiliki tingkat kedap udara tinggi. Kondisi tersebut mengurangi infiltrasi, meningkatkan aliran permukaan, dan pada akhirnya mempercepat proses erosi. Selain itu, minimnya tutupan vegetasi menyebabkan nilai faktor C tinggi, sehingga tanah lebih rentan terhadap erosi. Jika tidak terkendali, wilayah ini berpotensi menampung sedimen dalam jumlah signifikan ke aliran utama Sub DAS Cihaur. Wischmeier (1976) menyatakan bahwa panjang dan kemiringan lereng berperan eksponensial dalam meningkatkan kecepatan aliran permukaan, sehingga wilayah ini lebih rentan terhadap erosi. Fadli et al. (2024) dalam kajiannya di DAS Katulampa juga menemukan bahwa daerah dengan lereng >30% dan tutupan lahan terbuka menyumbang 70% beban sedimen ke sungai utama. Penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan pada zona ini berpotensi mempercepat erosi tanah, meningkatkan sedimentasi. Area dengan TBE tinggi ini merupakan zona prioritas untuk penerapan tindakan konservasi lahan seperti terasering, penanaman vegetasi penutup, atau sistem agroforestri.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) serta penggunaan lahan (C dan P) dan tekstur tanah merupakan faktor dominan yang menentukan tingkat bahaya erosi di Sub DAS Cihaur. Hal ini sejalan dengan penelitian Riyaldi, Neni, & Rasmilah (2019) di DAS Hulu Citarum yang menemukan bahwa wilayah dengan lereng curam yang dimanfaatkan sebagai lahan pertanian terbuka memiliki tingkat bahaya erosi yang tinggi, sementara area berhutan cenderung lebih stabil. Secara global, penelitian Panagos et al. (2015) di Eropa menunjukkan pola serupa, bahwa kombinasi curah hujan tinggi dengan topografi curam meningkatkan laju kehilangan tanah secara signifikan. Temuan ini didukung oleh Borrelli et al. (2017), yang menekankan pentingnya penutupan vegetasi dalam menekan kehilangan tanah pada lahan pertanian, terutama di wilayah dengan intensitas hujan tinggi. Penelitian lain yang lebih kontekstual adalah studi Adami et al. (2020) dalam *Applied Sciences*, yang menggunakan pendekatan spasial untuk menganalisis hubungan perubahan penggunaan lahan dengan degradasi lingkungan. Hasilnya menunjukkan bahwa konversi hutan menjadi lahan pertanian intensif berhubungan langsung dengan peningkatan risiko erosi. Sementara itu, studi Tarigan et al. (2019) dalam *Geohazards* menekankan bahwa pengelolaan DAS harus memperhatikan distribusi spasial potensi bahaya alam, termasuk erosi. Mereka menunjukkan bahwa daerah dengan topografi curam yang tidak dikelola dengan teknik konservasi berpotensi menimbulkan bencana seperti longsor dan banjir. Hal ini memperkuat hasil penelitian ini bahwa wilayah dengan Tingkat Bahaya Erosi berat hingga sangat berat di Sub DAS Cihaur tidak hanya berisiko mengalami erosi tanah, tetapi juga menimbulkan dampak hidrologis yang lebih luas di DAS Citarum Hulu.

Peta distribusi TBE menampilkan bahwa area kritis (warna merah dan oranye) membentuk pola linier mengikuti lereng curam dan daerah aliran utama sungai. Hal ini sejalan dengan temuan Wischmeier & Smith (1978) yang menyatakan bahwa kombinasi panjang lereng dan intensitas hujan yang tinggi merupakan faktor dominan peningkatan laju erosi. Kondisi ini juga mempertegas bahwa strategi konservasi lahan perlu difokuskan pada prioritas lokasi, khususnya pada zona pertanian terbuka di lereng curam.

Pemanfaatan prediksi erosi dengan metode USLE dalam penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk penentuan kawasan konservasi lahan di Sub DAS Cihaur. Hasil klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) menunjukkan bahwa wilayah dengan kategori berat hingga sangat berat ($\pm 21,5\%$ dari total area) merupakan zona prioritas konservasi. Kawasan ini umumnya terletak pada lereng curam dengan nilai LS tinggi, penggunaan lahan terbuka, dan faktor CP dengan nilai 1 seperti pemukiman. Apabila tidak segera dilakukan tindakan konservasi, wilayah ini berpotensi mengalami erosi lebih lanjut, meningkatkan sedimentasi sungai, dan menurunkan fungsi hidrologis DAS Citarum.

Implikasi dari hasil ini adalah bahwa prediksi erosi dapat digunakan untuk mengarahkan strategi konservasi lahan berbasis zonasi prioritas yang disajikan pada Tabel 2. berikut:

Tabel 2.
Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) di Wilayah Sub-DAS Cihaur

Kategori TBE	Luas (Ha)	Luas (%)	Strategi Konservasi
Sangat Ringan	16433,39	53,639	Perlindungan vegetasi alami dengan mengendalikan alih fungsi lahan
Ringan	4831,46	15,770	Strip Cropping, Mulsa, Agroforestri
Sedang	2780,50	9,076	Agroforestri, Cover Crops, Rotasi Tanaman
Berat	2793,37	9,118	Terasering, Parit buntu
Sangat Berat	3798,26	12,398	Revegetasi prioritas, Strip rumput, Terasering, Saluran Infiltrasi
Jumlah	30636,98	100	

Sumber: Analisis Data Penelitian 2025

Kawasan dengan Tingkat Bahaya Erosi berat (9,12%) hingga sangat berat (12,40%) dikategorikan sebagai prioritas utama konservasi. Strategi konservasi pada zona ini perlu mengintegrasikan pendekatan vegetatif dan mekanik. Upaya yang dapat dilakukan meliputi revegetasi dengan tanaman keras dan strip rumput pada area terbuka, pembangunan saluran kontur serta sumur resapan di sekitar kawasan permukiman, serta pengembangan ruang terbuka hijau, taman resapan, dan biopori pada kawasan industri. Strategi tersebut diharapkan mampu mengurangi limpasan permukaan, menekan laju sedimentasi, dan menjaga fungsi hidrologis Sub DAS Cihaur secara berkelanjutan.

Sementara itu, kawasan dengan Tingkat Bahaya Erosi ringan (15,77%) hingga sedang (9,08%), memerlukan strategi konservasi berupa pengelolaan lahan pertanian yang berkelanjutan. Pada lahan sawah, sistem terasering dan saluran drainase kontur perlu diperkuat untuk memperlambat aliran permukaan. Pada lahan kebun dan ladang, penerapan tanaman penutup tanah (cover crops), agroforestri, dan rotasi tanaman harus dioptimalkan guna menjaga kestabilan agregat tanah sekaligus meningkatkan kandungan bahan organik. Selain itu, penerapan olah tanah minimum (minimum tillage) direkomendasikan untuk meminimalkan kerusakan struktur tanah akibat intensitas pengolahan. Dengan strategi tersebut, kawasan kategori ringan–sedang tidak hanya mampu menekan laju erosi, tetapi juga dapat meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan.

Adapun kawasan dengan Tingkat Bahaya Erosi sangat ringan perlu dipertahankan kondisinya melalui perlindungan vegetasi alami dan pengendalian alih fungsi lahan. Upaya konservasi pada zona ini difokuskan pada pemeliharaan kondisi ekosistem yang sudah stabil, sehingga tidak terjadi perubahan fungsi lahan yang dapat memicu peningkatan erosi. Bentuk konservasi yang dapat diterapkan mencakup perlindungan kawasan hutan, pembatasan alih fungsi lahan, serta penerapan kebijakan tata ruang yang mendukung kelestarian kawasan resapan. Dengan demikian, wilayah ini tetap berfungsi sebagai benteng ekologis sekaligus penyangga hidrologis DAS.

Dengan demikian, dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil penelitian ini memberikan perspektif baru dengan fokus spesifik pada Sub DAS Cihaur sebagai bagian dari DAS Citarum Hulu. Integrasi hasil prediksi USLE ke dalam zonasi konservasi tidak hanya menghasilkan estimasi laju erosi, tetapi juga memberikan rekomendasi yang aplikatif bagi pengelolaan DAS. Pendekatan ini dapat menjadi dasar bagi pengelola DAS, maupun masyarakat dalam menentukan prioritas konservasi lahan, sekaligus mendukung keberlanjutan fungsi ekologis Sub DAS Cihaur dan DAS Citarum Hulu secara keseluruhan.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Universal Soil Loss Equation (USLE) yang diintegrasikan dengan SIG digunakan untuk memprediksi laju erosi dan mengidentifikasi zonasi Tingkat Bahaya Erosi (TBE) di Sub DAS Cihaur. Temuan utama memperlihatkan bahwa kondisi biofisik wilayah Sub DAS Cihaur, terutama kemiringan lereng, jenis tanah fluvial yang rentan, serta penggunaan lahan yang tidak terkendali, menjadi faktor dominan yang mempengaruhi keragaman tingkat erosi. Integrasi hasil prediksi USLE dengan analisis zonasi konservasi memberikan dasar ilmiah untuk menentukan prioritas pengelolaan lahan, yaitu pemeliharaan kawasan hutan pada Tingkat Bahaya Erosi sangat ringan, penerapan pertanian berkelanjutan pada TBE ringan–sedang, serta konservasi vegetatif dan mekanik pada TBE berat–sangat berat.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan USLE tidak hanya mampu memberikan estimasi kuantitatif erosi, tetapi juga berperan sebagai bentuk perencanaan konservasi berbasis spasial. Hasil ini diharapkan menjadi acuan bagi pengelola DAS, dan masyarakat dalam menetapkan strategi konservasi yang lebih aplikatif dan berkelanjutan untuk menjaga fungsi ekologis Sub DAS Cihaur sebagai bagian penting dari DAS Citarum Hulu.

Ucapan Terima Kasih

Dengan penuh rasa syukur, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam proses penyusunan penelitian mengenai prediksi laju erosi dan penentuan zona prioritas konservasi di Sub DAS Cihaur ini. Penelitian yang memadukan pendekatan USLE berbasis Sistem Informasi Geografis ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan berbagai lembaga penyedia data, khususnya BBWS Citarum, FAO Soil Map, Ina-Geoportal, dan Google Earth Explorer, yang telah menyediakan data spasial dan nonspasial secara lengkap dan akurat. Penulis juga berterima kasih kepada para peneliti terdahulu yang menjadi landasan ilmiah penting dalam memahami dinamika erosi di berbagai sub-DAS, sehingga memperkaya kerangka teoritis dan analisis penelitian ini. Penghargaan mendalam diberikan kepada seluruh pihak yang memberikan bantuan teknis, akademis, maupun arahan selama proses pengolahan data, analisis spasial, serta penyusunan laporan. Semoga seluruh dukungan yang diberikan menjadi amal kebaikan dan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam upaya konservasi lahan dan pengelolaan DAS yang berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press.
- Azzahra, A., Andawayanti, U., & Asmaranto, R. (2024). *Analysis of erosion and land conservation based on Geographic Information System in Way Sekampung Subwatershed*. CIVENSE, 7(2), 116–127. <https://doi.org/10.21776/ub.civense.2024.007.02.4>
- Fadli, A., Sriyana, I., Sangkawati, S., Medisia, A. R., & Nuramini, T. M. (2024). Integrating USLE with GIS in erosion hazard analysis in the Katulampa Sub-Watershed for the Ciawi and Sukamahi Dry Dam. *E3S Web of Conferences*. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457602002>
- Fiener, P., Dostál, T., Krása, J., Schmaltz, E., Strauss, P., & Wilken, F. (2020). Operational USLE-based modelling of soil erosion in Czech Republic, Austria, and Bavaria—Differences in model adaptation, parametrization, and data availability. *Applied Sciences*, 10(10), 3647. <https://doi.org/10.3390/app10103647>
- Hudson, N. W. (1995). *Soil Conservation*. Batsford Academic and Educational.
- Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519–539. <https://doi.org/10.1002/ldr.472>
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil Erosion and Conservation* (3rd ed.). Blackwell Publishing.
- Pakoksung, K. (2024). Assessment of soil loss from land cover changes in the Nan River Basin, Thailand. *GeoHazards*, 5(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/geohazards5010001>
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54, 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
- Riyaldi, R. A., Neni, N., & Rasmilah, I. (2019). Mengetahui prediksi erosi dengan USLE di Sub DAS Cikaro dalam mengoptimalkan penggunaan lahan di Desa Lampegan Kecamatan Ibun Kabupaten Bandung. *Geoarea*, 2(2), 33–40.
- Saputro, R. A., Kusumastuti, D. I., Wahono, E. P., Purwadi, O. T., & Zakaria, A. (2024). Analyzing erosion using GIS in Way Besai Watershed. In *Proceedings of the 1st International Conference on Industry Science Technology and Sustainability (IConISTS 2023)* (pp. 43–53). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-475-4_6
- Samsidar, J., Illahi, F., & Farid, F. (n.d.). Analisis Laju Erosi Menggunakan Metode Usle (Universal Soil Loss Equation). *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (Jupiter)*, 4(1), 2022. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v4i1.2022>
- Sarminah, S. dan Indirwan. 2017. *Kajian Laju Infiltrasi ada Beberapa Tutupan Lahan di kawasan Karst Sangkulirang-Mangkalihat Kabupaten Kutai Timur*. Kalimantan Timur. Universitas Mulawarman.
- Selmy, S. A. H., Abd Al-Aziz, S. H., Jiménez-Ballesta, R., García-Navarro, F. J., & Fadl, M. E. (2021). Modeling and assessing potential soil erosion hazards using USLE and wind erosion models in integration with GIS techniques: Dakhla Oasis, Egypt. *Agriculture*, 11(11), Article 1124. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111124>
- Susandi, A., Budi, B. I., Rahesanita, D., Arifin, E. T. N., Satryo, I. F., Ali, M. F., Rahmah, N. N., & Khahfi, Y. M. (2022). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis dalam pemetaan laju erosi menggunakan metode USLE di Sub DAS Cirasea. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi (JPIG)*, 7(1), 62–78.

- Syamsiyah, N., Qanti, S. R., & Rochdiani, D. (2024). Risk Mitigation in Environmental Conservation for Potato Production in Cisangkuy Sub-Watershed, Bandung Regency, West Java, Indonesia. *Agriculture (Switzerland)*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/agriculture14101726>
- Taslim, R. K., Mandala, M., & Indarto, I. (2019). Prediksi Erosi di Wilayah Jawa Timur. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 323. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.323-332>
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfal Erosion Losses - A Guide to Conserrvation Planning. US Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 537.
- Yulianto, F., Suwarsono, Nugroho, U. C., Nugroho, N. P., Sunarmodo, W., & Khomarudin, M. R. (2020). Spatial-temporal dynamics land use/land cover change and flood hazard mapping in the upstream Citarum watershed, West Java, Indonesia. *Quaestiones Geographicae*, 39(1), 125–146. <https://doi.org/10.2478/quageo-2020-0010>