

PEMODELAN BAHAYA EROSI TANAH BERBASIS USLE DAN SIG DI DAS OLAYA SULAWESI TENGAH

Susi Andayani¹, Andi Rusdin², Nina Bariroh Rustiati³, I Gede Tunas⁴

¹Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

^{2,3,4} Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Promotor

Email: susi.andayani@gmail.com

Abstrak

Erosi tanah merupakan permasalahan lingkungan yang berdampak langsung pada degradasi lahan dan penurunan produktivitas wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika bahaya erosi tanah di DAS Olaya, Sulawesi Tengah, melalui pendekatan model Universal Soil Loss Equation (USLE) yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis dilakukan untuk dua periode, yaitu tahun 2020 dan 2023, guna mengidentifikasi perubahan laju erosi dan distribusi spasial bahaya erosi. Parameter yang digunakan meliputi erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), serta vegetasi dan tutupan lahan (CP). Seluruh data spasial diproses dalam format raster dan dianalisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata laju erosi tahunan menurun dari 333,70 ton/ha/tahun pada tahun 2020 menjadi 173,57 ton/ha/tahun pada tahun 2023. Penurunan ini dipengaruhi oleh perubahan nilai erosivitas hujan. Berdasarkan klasifikasi Indeks Bahaya Erosi (IBE), sebagian besar wilayah DAS tergolong dalam kelas bahaya erosi berat pada tahun 2020 dan menurun menjadi kelas sedang pada tahun 2023. Kajian ini menegaskan pentingnya pemantauan spasial temporal dalam pengelolaan DAS, serta perlunya upaya konservasi lahan berbasis zonasi prioritas konservasi untuk mitigasi erosi di wilayah tropis.

Kata kunci: erosi tanah, konservasi lahan, model USLE, sistem informasi geografis, dinamika erosi, DAS Olaya

Abstract

Soil erosion is a critical environmental issue that directly contributes to land degradation and reduced productivity in watershed areas. This study aims to analyze the dynamics of soil erosion hazard in the Olaya Watershed, Central Sulawesi, using the Universal Soil Loss Equation (USLE) model integrated with Geographic Information Systems (GIS). The analysis was conducted for two temporal periods, 2020 and 2023, to assess changes in erosion rates and the spatial distribution of erosion hazard. The model incorporates key parameters including rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), slope length and steepness (LS), and land cover-management factor (CP). All spatial data were processed in raster format and analyzed using ArcGIS 10.7 software. The results indicate that the average annual soil erosion rate decreased from 333.70 tons/ha/year in 2020 to 173.57 tons/ha/year in 2023. This decline was influenced by changes in rainfall erosivity. Based on the Erosion Hazard Index (EHI) classification, most of the watershed area was categorized as having severe erosion hazard in 2020, which shifted to moderate in 2023. These findings highlight the importance of spatio temporal monitoring in watershed management and the urgent need for land conservation efforts based on prioritized zonation to mitigate erosion risks in tropical regions.

Key Words: soil erosion, land conservation, USLE model, geographic information system, erosion dynamics, Olaya Watershed

1. Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Olaya di Kabupaten Parigi Moutong, Provinsi Sulawesi Tengah, termasuk dalam Wilayah Sungai Strategis Nasional (WS Parigi–Poso) sesuai Keputusan Presiden Nomor 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai. Dengan luas $\pm 5.309,82$ ha, DAS ini secara fisiografi didominasi oleh lereng curam, curah hujan tinggi, dan jenis tanah yang mudah tererosi. Kondisi tersebut menjadikan wilayah ini rentan terhadap degradasi lahan.

Erosi tanah merupakan isu lingkungan global yang signifikan, berdampak pada penurunan produktivitas pertanian dan sedimentasi badan air (Scholten & Seitz, 2019; WANG & Zhang, 2020). Di DAS Olaya, banjir bandang tahun 2022 memperlihatkan tingginya kerentanan wilayah akibat luapan sungai yang merusak permukiman dan fasilitas publik (Harian Sulawesi, 2022). Alih fungsi lahan tanpa kendali dan minimnya konservasi memperparah kondisi ini. Diperlukan pemodelan kuantitatif berbasis spasial untuk mendukung pengelolaan dan konservasi wilayah secara berkelanjutan.

Penelitian ini menggunakan model *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang terintegrasi dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghitung dan memetakan laju erosi. USLE pertama kali dirumuskan oleh Wischmeier dan Smith (1978) dengan enam parameter utama: erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang lereng (L), kemiringan lereng (S), tutupan dan pengelolaan lahan (C), serta praktik konservasi (P) (Harian Sulawesi & Freimund, 1994; Wischmeier & Smith, 1978). Penerapan USLE dalam lingkungan SIG dan penginderaan jauh telah terbukti efektif dalam visualisasi spasial erosi (Jarbou et al., 2016). Menurut Kolli et al. (2021), integrasi data tutupan lahan, tekstur tanah, intensitas hujan, dan geomorfologi memungkinkan estimasi kehilangan tanah yang lebih akurat. Salih et al. (2023) juga menegaskan peran teknologi geospasial dalam meningkatkan ketelitian pemetaan bahaya erosi. Studi ini dilakukan untuk dua periode waktu, yaitu tahun 2020 dan 2023, guna menangkap perubahan laju erosi secara temporal.

Meski USLE telah diterapkan di berbagai wilayah di Indonesia, penerapannya di DAS Olaya dengan pendekatan spasial-temporal masih terbatas. Studi sebelumnya lebih banyak difokuskan pada DAS berskala besar, seperti di Pulau Jawa (Kardhana et al., 2024), Kalimantan (Bhermana & Susilawati, 2019), Sumatera (Legowo & Rezkyna, 2020; Saputro et al., 2024), dan Sulawesi

(Aisyah et al., 2022; Harjianto et al., 2015). Namun, riset dengan fokus pada DAS kecil hingga menengah, menggunakan resolusi spasial tinggi dan pendekatan temporal komprehensif, masih sangat sedikit (Li, 2002; Susanti et al., 2019).

Dengan demikian, studi ini menawarkan pendekatan baru dalam pemodelan bahaya erosi melalui integrasi spasial-temporal resolusi tinggi yang jarang diterapkan pada DAS skala menengah di wilayah tropis Indonesia. Penelitian ini menguji hipotesis bahwa laju bahaya erosi di DAS Olaya dipengaruhi oleh kombinasi kemiringan lereng (LS), vegetasi dan tutupan lahan (CP), dan peningkatan curah hujan (R). Hasil studi diharapkan mampu mengidentifikasi zona prioritas konservasi yang dapat mendukung mitigasi dan rehabilitasi DAS secara tepat sasaran.

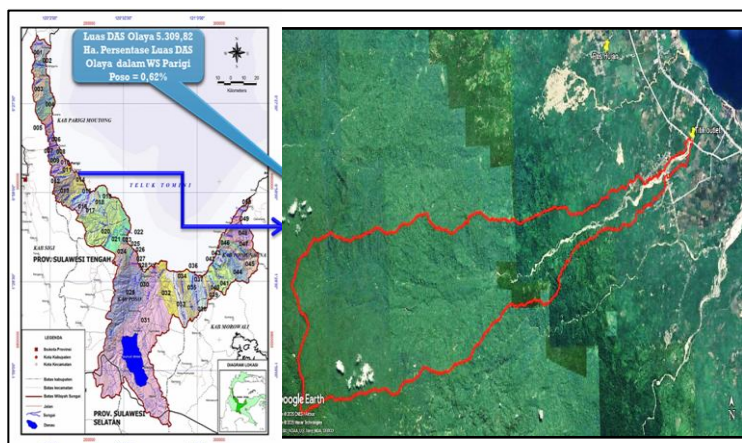
2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Olaya yang terletak di Kabupaten Parigi Moutong, Provinsi Sulawesi Tengah. Wilayah administrasi meliputi Kecamatan Parigi Barat, sebagian Kecamatan Parigi, dan Kecamatan Parigi Selatan, dengan luas total 5.309,82 ha. Titik outlet analisis berada di Jembatan Olaya pada koordinat 00° 51' 22.54"LS dan 120° 11' 22.02"BT, dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data sekunder, yaitu 1.Data curah hujan harian selama dua tahun (2020 dan 2023) dari Pos Hujan Olaya pada koordinat 0° 50' 15.10" LS dan 120° 09' 46.60" BT, yang terletak sedikit di luar area delineasi DAS Olaya; 2.Data elevasi dari *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) BIG dengan resolusi spasial 0,27 detik busur (*arc-second*) setara dengan ±8,25 meter di ekuator untuk peta kemiringan lereng dan delineasi DAS; 3.Peta jenis tanah dari BIG berdasarkan klasifikasi FAO; 4.Peta tutupan lahan dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000; 5.Seluruh data spasial diolah dalam format raster dan dikonversi menjadi *shapefile* (*.shp) untuk pemrosesan lebih lanjut di ArcGIS; 6.Perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data adalah ArcGIS 10.7 untuk analisis spasial dan Microsoft Excel untuk perhitungan faktor-faktor erosi.



Gambar 1. Lokasi Studi

2.3. Kajian Pustaka

Kajian pustaka dalam penelitian ini mencakup lima komponen utama yang menjadi dasar dalam penyusunan model dan analisis bahaya erosi di DAS Olaya.

2.3.1. Erosi Tanah

Erosi adalah proses pelepasan dan pengangkutan partikel tanah oleh agen alami seperti air dan angin. Erosi menyebabkan penurunan produktivitas lahan, pendangkalan sungai, dan kerusakan infrastruktur (Doe & Harmon, 2001; Mannering, 2018; Osman, 2014). Faktor-faktor yang mempengaruhi erosi antara lain curah hujan (intensitas, diameter, lama dan jumlah hujan), faktor tanah, kemiringan dan panjang lereng serta faktor vegetasi (Wischmeier dan Smith, 1978).

2.3.2. Model USLE (Universal Soil Loss Equation)

Prediksi kehilangan tanah sangat penting untuk menilai risiko erosi tanah serta menentukan penggunaan dan pengelolaan lahan yang tepat (Oliveira et al., 2011a). Berbagai model matematis—baik yang bersifat empiris, konseptual, maupun berbasis proses fisik—telah dikembangkan untuk mengestimasi erosi tanah pada skala spasial dan temporal yang berbeda (Ferro, 2010; Moehansyah et al., 2004). Model-model erosi tersebut bervariasi dari prosedur yang kompleks dengan kebutuhan banyak parameter input, seperti *Water Erosion Prediction Project* (WEPP) (Nearing et al., 1989), *Kinematic Runoff and Erosion* (KINEROS) (Woolhiser et al., 1990), dan *European Soil Erosion Model* (EUROSEM) (Morgan et al., 1998), hingga

metode yang lebih sederhana seperti *Universal Soil Loss Equation* (USLE) (Wischmeier dan Smith, 1978) *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) (Renard et al., 1997) and Morgan-Morgan and Finney (MMF) (Morgan, 2001).

USLE memperkirakan kehilangan tanah berdasarkan hasil perkalian dari faktor-faktor berikut: erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang lereng (L), kemiringan lereng (S), tutupan dan pengelolaan lahan (C), serta praktik konservasi (P). Rumus dasar yang digunakan adalah:

$$Ea = R \times K \times LS \times CP \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: Ea = banyaknya tanah per satuan luas per satuan waktu, dalam satuan ton/ha/tahun, R = faktor erosivitas hujan, dalam satuan KJ/ha, K = faktor erodibilitas tanah, LS = faktor panjang kemiringan lereng, CP = faktor vegetasi dan tutupan lahan.

2.3.3. Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG merupakan teknologi berbasis komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data spasial dan non-spasial secara terintegrasi. Konsep GIS pertama kali diperkenalkan oleh Profesor Ian L. McHarg, yang menggambarkan kegunaannya dalam melapisi berbagai jenis informasi dan data. Dia memulai pekerjaannya di bidang ini pada tahun 1954 ketika dia menjadi Profesor Arsitektur Lansekap dan Perencanaan Wilayah di *University of Pennsylvania*. McHarg memperoleh pengakuan pada pertengahan 1960-an karena mengintegrasikan masalah ekologi ke dalam perencanaan lahan, menetapkan prinsip-prinsip dasar untuk GIS, termasuk pengukuran, pemetaan, pemantauan, dan pemodelan. (Kolios et al., 2017). Sejak saat itu, GIS berkembang menjadi alat analisis spasial yang penting dalam berbagai bidang, termasuk hidrologi, pengelolaan sumber daya lahan, dan pemodelan bahaya erosi. Telah banyak penelitian sebelumnya yang menggunakan GIS untuk perhitungan erosi tanah, diantaranya dilakukan oleh (Benzer, 2010; Ozcan et al., 2008; Kouassi et al., 2020).

Dalam penelitian ini, SIG digunakan untuk mengolah data DEM, slope, tutupan lahan, dan overlay hasil perhitungan faktor USLE. Data spasial dianalisis menggunakan perangkat lunak SIG ArcGIS 10.7 yang memungkinkan integrasi spasial dan analisis raster berbasis pixel.

2.3.4. Parameter-parameter dalam USLE

Faktor R memiliki relevansi besar dalam kuantifikasi energi yang dihasilkan oleh benturan butiran hujan terhadap permukaan tanah. Wischmeier (1959) mendefinisikan erosivitas sebagai

"hasil kali antara energi kinetik suatu hujan (E_c) dengan intensitas maksimumnya selama 30 menit (I_{30})". Faktor R dalam penelitian ini dihitung dengan persamaan Lenvain karena pertimbangan lokasi penelitian terletak di daerah beriklim tropis basah yang mengalami intensitas curah hujan yang tinggi, yang secara signifikan mempengaruhi limpasan dan proses erosi tanah. Persamaan oleh Bols dan Lenvain & El-Swaify dirancang untuk menjelaskan kondisi ini, membuatnya lebih dapat diterapkan daripada model yang dikembangkan untuk iklim sub tropis. (Rasmussen & Tracy, 1981).

$$R_m = 2,21 (Rain)_m^{1,36} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: R_m = Erosivitas hujan (dalam MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ tahun⁻¹), Rain = Curah hujan tahunan yang diterima oleh suatu wilayah (dalam mm).

Faktor K adalah sifat tanah yang merepresentasikan tingkat kerentanannya terhadap erosi (Wischmeier & Smith, 1978). Mannigel et al. (2008) melaporkan bahwa dalam penentuan faktor K, metode tidak langsung sering digunakan karena lebih mudah dalam memperoleh data. Sebaliknya, metode langsung membutuhkan penerapan prosedur tertentu dan pembangunan petak percobaan yang memerlukan waktu lama untuk mendapatkan nilai akhir. Faktor K mencerminkan tingkat kerentanan tanah terhadap erosi, yang ditentukan oleh sifat fisik dan kimia tanah seperti tekstur, struktur, permeabilitas, dan kandungan bahan organik. Nilai K digunakan dalam model USLE untuk menggambarkan sejauh mana tanah dapat mempertahankan stabilitasnya terhadap energi kinetik hujan dan aliran permukaan.

Nilai K ditetapkan berdasarkan jenis tanah dominan di wilayah studi. Pendekatan ini merujuk dari literatur konservasi tanah di Indonesia yang telah disesuaikan dengan karakteristik tanah tropis basah. Pemilihan nilai-nilai ini didasarkan pada hasil kajian Hardjowigeno (2003) dan Asdak (2007), serta diperkuat dengan referensi teknis konservasi tanah lainnya yang relevan di Indonesia.

Faktor LS dalam model USLE mempertimbangkan topografi lahan dalam proses erosi, yang direpresentasikan oleh panjang lereng (L) dan tingkat kecuraman lereng (S) (Bertoni & Lombardi Neto, 2012). Faktor LS menggambarkan kontribusi limpasan permukaan terhadap proses erosi air (Minella et al., 2010). Dengan demikian, peningkatan panjang lereng (L) akan memperbesar kehilangan tanah total maupun kehilangan tanah per satuan luas, akibat akumulasi

progresif limpasan permukaan ke arah hilir (lereng bawah). Sementara itu, peningkatan kemiringan lereng (S) akan menyebabkan peningkatan kecepatan aliran dan erosi yang ditimbulkan oleh limpasan permukaan (Wischmeier & Smith, 1978).

Tabel 1. Jenis Tanah dan Nilai Faktor Erodibilitas Tanah (K)

No.	Jenis Tanah	Nilai K
1.	Podsolik	0.16
2.	Grumusol	0.21
3.	Mediteran	0.23
4.	Litosol	0.29
5.	Latosol	0.31
6.	Regosol	0.4
7.	Alluvial	0.47

Sumber: Kironoto, 2000

Ketika dianalisis secara bersamaan, faktor L dan S (LS) sangat penting dalam kuantifikasi erosi permukaan (*sheet erosion*) di suatu wilayah, karena berkaitan langsung dengan kecepatan limpasan dan pengangkutan partikel tanah, yang akan menentukan besarnya volume sedimen yang terbawa.

Tabel 2. Padanan Nama Tanah

No.	Dudal-Soeprattohardjo (1957, 1961)	Modifikasi PPT 1978/1983	FAO/UNES CO (1974)	USDA Soil Taxonomy (1975)
1.	Aluvial	Aluvial	Fluvisol	Entisol Inceptisol
2.	Andosol	Andosol	Andosol	Andisol
3.	Brown Forest Soil	Kambisol	Cambisol	Inceptisol
4.	Grumusol	Grumusol	Vertisol	Vertisol
5.	Latosol	Kambisol	Cambisol	Inceptisol
		Latosol, Laterik	Nitosol, Ferrisol	Ultisol, Oxisol
6.	Litosol	Litosol	Litosol	Entisol (Lithic Subgrup)
7.	Mediteran	Mediteran	Luvisol	Alfisol/Inceptisol
8.	Organosol	Organosol	Histosol	Histosol
9.	Podsol	Podsol	Podsol	Spodosol
10.	Podsolik Merah Kuning	Podsolik	Acrisol	Ultisol
11.	Podsolik Coklat	Kambisol	Cambisol	Inceptisol
12.	Podsolik Coklat Kelabu	Podsolik	Acrisol	Ultisol
13.	Regosol	Regosol	Regosol	Entisol/Inceptisol
14.	Renzina	Renzina	Renzina	Rendoll

Sumber: Hardjowigeno, 2003

Faktor CP mencerminkan pengaruh pengelolaan tanaman dan praktik pengendalian erosi terhadap laju erosi tanah. Dalam studi ini, nilai faktor C dan P dihitung secara terpadu sebagai

faktor CP, di mana nilai faktor ini ditentukan berdasarkan nilai referensi faktor CP di Indonesia pada beberapa jenis penggunaan lahan (Asdak C, 2007). Tabel 4 menyajikan nilai CP yang digunakan dalam studi ini berdasarkan referensi konservasi tanah tropis di Indonesia.

Tabel 3. Pendekatan Praktis Kelas Lereng

KELAS LERENG	KEMIRINGAN LERENG (%)	NILAI LS
I	0 - 8	0.40
II	8 - 15	1.40
III	15 - 25	3.10
IV	25 - 40	6.80
V	>40	9.50

Sumber: Kironoto, 2000

Nilai CP sebesar 1,0 menunjukkan lahan tanpa penutup dan tanpa praktik konservasi (misalnya kawasan industri, pemukiman, bandara), yang berarti lahan tersebut sangat rentan terhadap erosi. Sebaliknya, nilai CP mendekati 0, seperti pada hutan primer (0,001), menandakan perlindungan vegetatif yang sangat tinggi terhadap percikan hujan dan aliran permukaan. Nilai CP yang menengah, seperti pada kebun campuran (0,5), menunjukkan perlindungan sedang akibat tutupan vegetasi yang tidak seragam atau pengelolaan yang tidak optimal.

Tabel 4. Nilai Faktor CP Untuk Berbagai Aspek Pengelolaan Lahan

No.	Tata Guna Lahan	CP
	Hutan Primer	0,001
	Hutan Sekunder	0,005
	Kebun Campuran	0,5
	Sawah	0,1
	Semak Belukar	0,3
	Bandara	1
	Hutan Konservasi	0,001
	Indutri	1
	Kawasan Wisata	1
	Pelabuhan/Terminal	1
	Perdagangan	1
	Pemukiman	1
	Pertambangan Terbatas	1
	Pertanian Lahan Kering	0,5
	Pertanian Tahunan	0,1
	Peternakan dan Pertanian Terpadu	0,1
	RTH	0,1
	RTH Kebun Botani	0,1

Sumber: Asdak C, 2007

2.3.5. Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi

Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi atau Indeks Bahaya Erosi (IBE) merupakan rasio antara laju erosi aktual yang dihitung menggunakan model USLE terhadap nilai erosi yang masih dapat ditoleransikan (Tolerable Soil Loss/TSL). Nilai IBE digunakan untuk menilai tingkat kerentanan suatu wilayah terhadap bahaya erosi berdasarkan kemampuan tanah untuk mempertahankan produktivitasnya dalam jangka panjang. Klasifikasi nilai IBE mengacu pada petunjuk teknis dari Direktorat Jenderal RLPS, Kementerian Kehutanan (2013), kriteria seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Bahaya Erosi

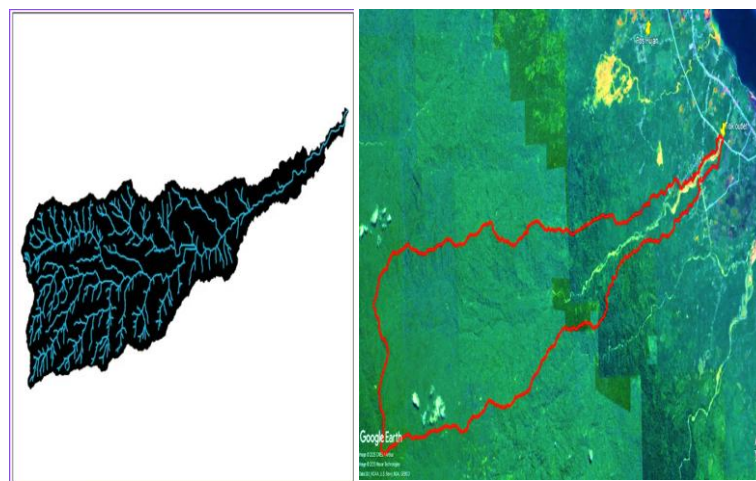
Kelas Bahaya Erosi	Laju Erosi (Ea) ton/ha/tahun	Keterangan
I	<15	Sangat Ringan
II	15 – 60	Ringan
III	60 – 180	Sedang
IV	180 – 480	Berat
V	>480	Sangat Berat

Sumber: Suripin, 2001

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Delineasi dan Karakteristik DAS

Hasil delineasi wilayah menunjukkan bahwa luas DAS Olaya adalah sebesar 3077,83 hektar dengan pola aliran dendritik. Batas-batas DAS ditentukan berdasarkan analisis data DEMNAS dan titik outlet berada di Jembatan Olaya. Topografi DAS didominasi oleh lereng dengan kemiringan bervariasi dari landai hingga sangat curam.



Gambar 2. Peta Hasil Delineasi DAS Olaya (Luas 3077,83 Ha) dan Letak Outlet dan Pos Hujan Olaya

3.2. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Dalam analisis ini, digunakan data curah hujan harian tahun 2020 dan 2023 yang diambil dari Pos Hujan Olaya.

Tabel 6. Rekap Curah Hujan Bulanan Tahun 2020 dan Tahun 2023 Pos Hujan Olaya (mm)

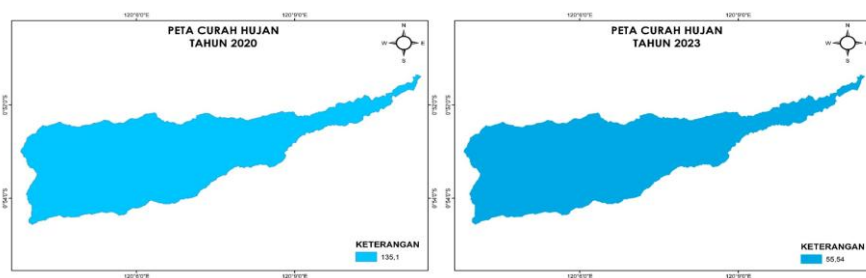
Bulan	POS HUJAN OLAYA	
	2020	2023
Januari	23,50	121,50
Februari	61,00	22,50
Maret	155,00	146,00
April	281,50	41,50
Mei	209,00	264,50
Juni	275,50	144,50
Juli	420,50	106,50
Agustus	354,00	103,50
September	332,00	118,00
Oktober	224,00	132,00
November	115,50	60,00
Desember	18,00	24,00
RATA ²	205,79	107,04

Setelah melakukan perhitungan menggunakan persamaan 1, hasilnya menunjukkan nilai R_m untuk setiap tahun, yang selanjutnya dicatat dalam tabel 7.

Tabel 7. Nilai R_m tahun 2020 dan tahun 2023 dari persamaan Lenvain.

	POS HUJAN OLAYA	
Tahun	2020	2023
Jumlah	135,10	55,54

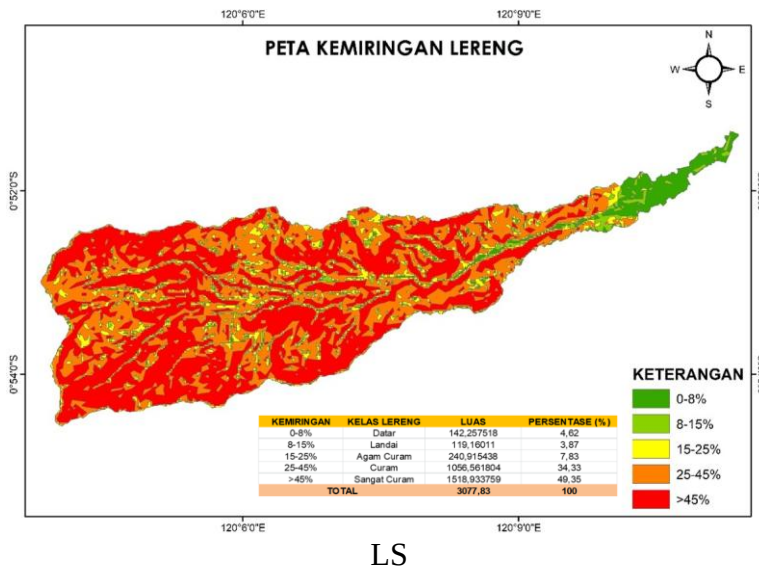
Dari tabel 7 didapat Nilai R_m Tahun 2020 sebesar 135,10 KJ/ha, lebih tinggi dibandingkan tahun 2023 sebesar 55,54 KJ/ha. Hal ini menunjukkan bahwa hujan pada tahun 2020 memiliki energi erosi yang lebih besar, yang berpotensi menyebabkan erosi tanah lebih tinggi seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Curah Hujan Tahun 2020 dan 2023

3.3. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor LS dihitung berdasarkan peta kemiringan lereng yang dihasilkan dari pengolahan data DEMNAS lalu di overlay dengan batas wilayah DAS Olaya. Berdasarkan tabel 3, nilai

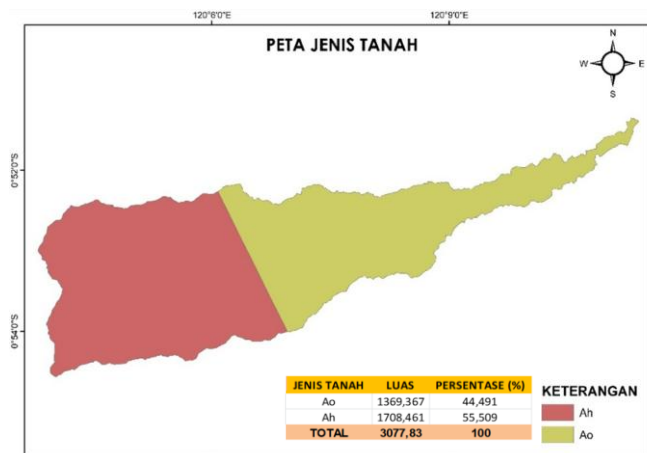


Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng DAS Olaya

ditetapkan sesuai kelas kemiringan lereng. Informasi distribusi spasial kelas lereng serta nilai faktor LS untuk masing-masing zona kemiringan di DAS Olaya ditunjukkan pada Gambar 4

3.4. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Peta jenis tanah diperoleh melalui proses overlay antara layer peta jenis tanah yang bersumber dari klasifikasi FAO dengan batas wilayah DAS Olaya, guna mengidentifikasi sebaran spasial tipe tanah yang relevan dalam penentuan faktor K.



Gambar 5. Peta Jenis Tanah (K) DAS Olaya

Berdasarkan hasil overlay antara peta jenis tanah dari klasifikasi FAO dengan batas wilayah DAS Olaya, teridentifikasi dua tipe tanah dominan yang tersebar di wilayah studi, yaitu tanah Ao yang diklasifikasikan sebagai Acrisol dan tanah Ah yang termasuk kategori Podsolik Merah Kuning. Distribusi ini menunjukkan adanya kontras spasial yang cukup nyata antara bagian barat dan timur DAS Olaya.

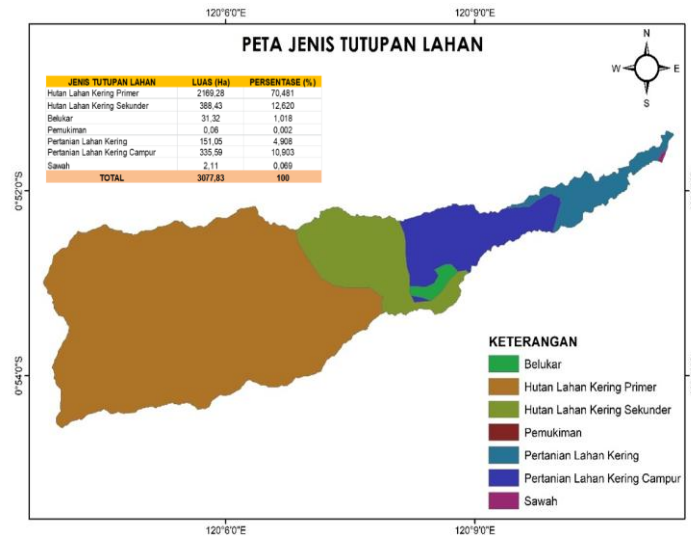
Secara spasial, tanah Podsolik Merah Kuning (Ah) menempati sekitar 55,51 persen dari total luas DAS Olaya atau seluas 1.708,461 hektar. Sementara itu, tanah Acrisol (Ao) mencakup sekitar 44,49 persen wilayah atau seluas 1.369,367 hektar, dan umumnya tersebar di bagian timur DAS.

Perbedaan karakteristik kedua jenis tanah ini berimplikasi langsung terhadap penetapan nilai faktor K dalam model USLE. Oleh karena itu, informasi spasial ini menjadi komponen penting dalam penilaian risiko erosi tanah dan dalam penyusunan strategi konservasi lahan yang tepat sasaran dan berbasis data di wilayah DAS Olaya.

3.5. Faktor Vegetasi dan Tutupan Lahan (CP)

Peta tutupan lahan diperoleh melalui proses overlay antara data penggunaan lahan dari peta RBI Donggala dengan batas wilayah DAS Olaya. Hasil overlay ini digunakan untuk mengidentifikasi sebaran spasial jenis tata guna lahan yang relevan dalam penetapan nilai faktor penutup lahan (CP). Penentuan nilai CP mengacu pada referensi konservasi tanah tropis yang disesuaikan dengan karakteristik biofisik wilayah studi. Informasi klasifikasi penggunaan lahan dan nilai CP ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 6.

Komposisi tutupan lahan ini memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai faktor CP dalam model USLE, mengingat tiap jenis lahan memiliki tingkat proteksi yang berbeda terhadap erosi. Hutan primer, misalnya, memberikan perlindungan yang lebih besar terhadap permukaan tanah dibandingkan lahan pertanian terbuka atau semak belukar. Oleh karena itu, distribusi ini menjadi dasar penting dalam penentuan faktor CP serta dalam penyusunan strategi konservasi lahan dan pengelolaan wilayah DAS Olaya secara berkelanjutan.



Gambar 6. Peta Tutupan Lahan (CP) DAS Olaya

3.6. Laju Erosi dan Klasifikasi Bahaya Erosi

Berdasarkan hasil analisis SIG dengan melakukan overlay layer dapat diketahui bahwa DAS Olaya terbagi menjadi 36 unit lahan dengan luasan masing-masing sesuai dengan bidang pengaruh interseksi keempat peta layer. Laju potensi erosi diperoleh dengan parameter USLE (Rm, K, LS dan CP) untuk masing-masing unit lahan.

Tahun 2020 Laju Erosi (Ea) dihitung 12 bulan (Januari-Desember). Setelah didapatkan nilai Ea setiap bulan, lalu dijumlahkan sehingga mendapatkan nilai Ea sebagaimana Tabel 8.

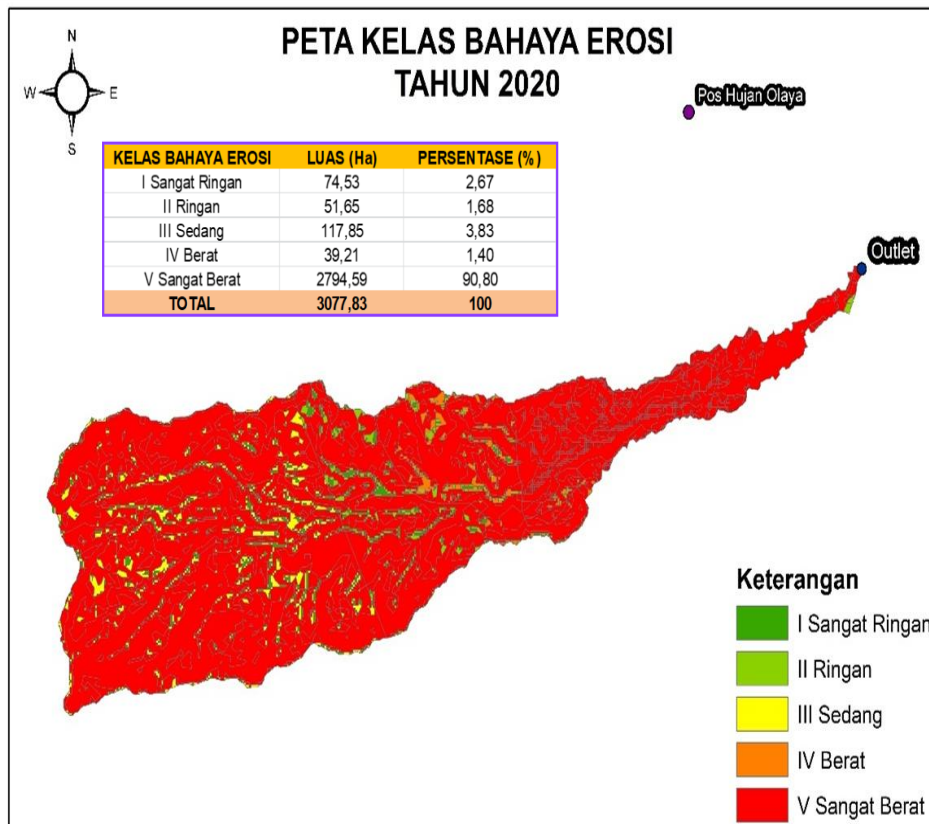
Tabel 8. Prediksi laju erosi DAS Olaya Tahun 2020

No.	Bulan	Luas Ha	Laju Erosi (Ea) (Ton/Bulan)
1.	Januari	3077,83	9773,71
2.	Februari	3077,83	25370,06
3.	Maret	3077,83	64464,91
4.	April	3077,83	117076,59
5.	Mei	3077,83	86923,65
6.	Juni	3077,83	114581,17
7.	Juli	3077,83	174887,05
8.	Agustus	3077,83	147229,53
9.	September	3077,83	138079,67
10.	Oktober	3077,83	93162,19
11.	November	3077,83	48036,75
12.	Desember	3077,83	7486,25
Ea (ton/tahun)			1027071,54
Ea (ton/Ha/Tahun)			333,70

Berdasarkan hasil perhitungan total laju erosi tahunan pada DAS Olaya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 8, diketahui bahwa akumulasi erosi sepanjang tahun 2020 mencapai

1.027.071,54 ton, atau setara dengan rata-rata laju erosi sebesar 333,70 ton/ha/tahun. Dari Tabel 5 Indeks Bahaya Erosi, nilai tersebut termasuk dalam Kelas Bahaya Erosi IV (berat), dengan kisaran 180–480 ton/ha/tahun.

Distribusi spasial tingkat bahaya erosi tahun 2020 ditampilkan pada Gambar 7, yang menunjukkan sebaran lima kelas bahaya erosi di seluruh wilayah DAS. Hasil overlay dan analisis spasial menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah DAS, yakni seluas 2.449,29 ha atau 79,59%, tergolong dalam kelas V (sangat berat), sementara 18,25% berada pada kelas IV (berat). Sisanya, yakni kurang dari 2,2%, termasuk dalam kategori sedang hingga sangat ringan.



Gambar 7. Peta Laju Erosi DAS Olaya Tahun 2020

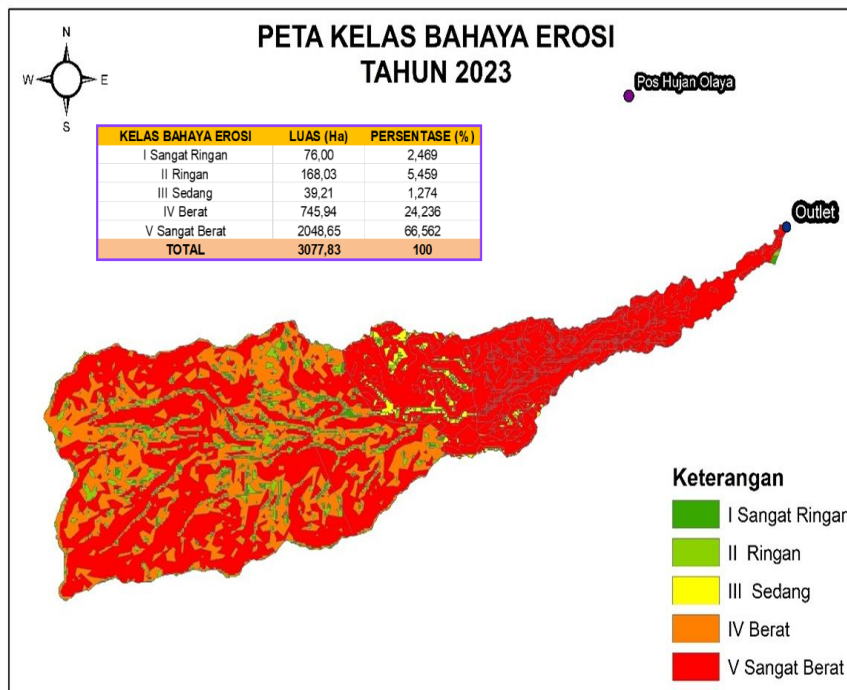
Berdasarkan hasil perhitungan total laju erosi tahunan pada DAS Olaya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 9, diketahui bahwa akumulasi erosi sepanjang tahun 2023 mencapai 534.226,92 ton, atau setara dengan rata-rata laju erosi sebesar 173,57 ton/ha/tahun. Dari Tabel

5 Indeks Bahaya Erosi, nilai tersebut termasuk dalam Kelas Bahaya Erosi III (sedang), dengan kisaran 60-180 ton/ha/tahun.

Demikian pula untuk tahun 2023, Laju Erosi (Ea) juga dihitung 12 bulan (Januari-Desember). Setelah didapatkan nilai Ea setiap bulan, lalu dijumlahkan sehingga mendapatkan nilai Ea sebagaimana Tabel 9.

Tabel 9. Prediksi laju erosi DAS Olaya Tahun 2023

No.	Bulan	Luas Ha	Laju Erosi (Ea) (Ton/Bulan)
1.	Januari	3077,83	50532,17
2.	Februari	3077,83	9357,81
3.	Maret	3077,83	60721,78
4.	April	3077,83	17259,96
5.	Mei	3077,83	110006,24
6.	Juni	3077,83	60097,93
7.	Juli	3077,83	44293,63
8.	Agustus	3077,83	43045,92
9.	September	3077,83	49076,51
10.	Oktober	3077,83	54899,15
11.	November	3077,83	24954,16
12.	Desember	3077,83	9981,66
Ea (ton/tahun)			534226,92
Ea (ton/Ha/Tahun)			173,57



Gambar 8. Peta Laju Erosi DAS Olaya Tahun 2023

Distribusi spasial tingkat bahaya erosi tahun 2023 ditampilkan pada Gambar 8, yang menunjukkan sebaran lima kelas bahaya erosi di seluruh wilayah DAS Olaya. Berdasarkan hasil overlay dan analisis spasial, diketahui bahwa sebagian besar wilayah DAS, yaitu seluas 2.048,65 ha atau sekitar 66,56%, tergolong dalam kelas V (sangat berat). Sementara itu, 24,24% wilayah atau 745,94 ha berada dalam kelas IV (berat). Sisanya, yaitu kurang dari 9,2%, tersebar pada kategori kelas III (sedang), kelas II (ringan), dan kelas I (sangat ringan), masing-masing mencakup luasan sebesar 39,21 ha (1,27%), 168,03 ha (5,46%), dan 76,00 ha (2,47%).

Sebaran spasial ini mengindikasikan bahwa pada tahun 2023, sekitar 90,8% wilayah DAS Olaya berada dalam kategori bahaya erosi berat hingga sangat berat. Kondisi ini menunjukkan tekanan yang tinggi terhadap keberlanjutan fungsi lahan, dengan risiko serius terhadap degradasi tanah, peningkatan sedimentasi di badan sungai, serta penurunan kapasitas produksi lahan pertanian. Oleh karena itu, peta ini menjadi dasar penting untuk merumuskan strategi mitigasi erosi yang berbasis zonasi prioritas, guna mendukung efektivitas tindakan konservasi tanah secara lebih terarah dan adaptif.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai bahaya erosi di DAS Olaya pada tahun 2020 dan 2023, beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan laju erosi menggunakan rumus USLE, diperoleh nilai laju erosi tahunan untuk DAS Olaya pada tahun 2020 sebesar 333,70 ton/ha/tahun. Sedangkan pada tahun 2023, nilai laju erosi tahunan berkurang menjadi 173,57 ton/ha/tahun. Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya erosivitas hujan (R_m).
2. Berdasarkan hasil analisis, pada tahun 2020, sebagian besar wilayah DAS Olaya masuk dalam kategori Kelas Bahaya Erosi IV (Berat) dengan nilai laju erosi lebih dari 180 ton/ha/tahun atau sebesar 333,70 ton/ha/tahun. Sedangkan pada tahun 2023, sebagian besar wilayah berada dalam kategori Kelas Bahaya Erosi III (Sedang) dengan nilai laju erosi sebesar 173,57 ton/ha/tahun, yang menunjukkan penurunan tingkat erosi.
3. Faktor Erosivitas hujan (R_m) pada tahun 2020 adalah 135,10 KJ/ha, yang menunjukkan potensi erosi yang tinggi akibat hujan deras. Sementara itu, pada tahun 2023, R_m menurun menjadi 55,54 KJ/ha, yang menunjukkan bahwa hujan pada tahun tersebut relatif lebih ringan dalam menyebabkan erosi.

Daftar Pustaka

- Aisyah, B. N., Baskoro, D. P. T., & Murti Laksono, K. (2022). Pendugaan Erosi Tanah dan Perencanaan Tutupan Lahan Hulu DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(2), 302–310. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.2.302>
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Gadjah Mada University Press.

- Benzer, N. (2010). Using the Geographical Information System and Remote Sensing Techniques for Soil Erosion Assessment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(5), 881–886. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-89f4a69a-b0f4-48e9-8d06-70568a4602cb>
- Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2012). *Conservação do solo* (8th ed., p. 335). São Paulo: Ícone.
- Bhermana, A., & Susilawati, S. (2019). Environmentally Sound Spatial Management Using Conservation and Land Evaluation Approach at Sloping Lands in Humid Tropic (A case study of Antang Kalang sub-district, Central Kalimantan, Indonesia). *Sains Tanah: Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 16(1), 76–89. <https://doi.org/10.20961/STJSSA.V16I1.24004>
- Doe, W. W., & Harmon, R. S. (2001). *Introduction to Soil Erosion and Landscape Evolution Modeling* (pp. 1–14). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0575-4_1
- Ferro, V., 2010. Deducing the USLE mathematical structure by dimensional analysis and self-similarity theory. *Biosystems Engineering* 106, 216–220. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.03.006>
- Harian Sulawesi. (2022, Mei 20). *Korban bencana banjir di Desa Olaya, Kayuboko dan Air Panas dievakuasi jajaran Polres Parimo*. <https://hariansulawesi.com/2022/05/20/korban-bencana-banjir-di-desa-olaya-kayuboko-dan-air-panas-dievakuasi-jajaran-polres-parimo/>
- Harjianto, M., Sinukaban, N., Tarigan, S. D., & Haridjaja, O. (2015). Erosion Prediction and Soil Conservation Planning in Lawo Watershed Indonesia. *Journal of Environment and Earth Science*, 5(6), 4050. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/download/20990/21239>
- Hardjowigeno, S. (2003). *Ilmu tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Jarbou, A. B., Elhag, M., Amal, Y. A., Hanaa, K. G., Ahmad, K. H., & Ebtisam, A. (2016). Soil erosion estimation using remote sensing techniques in Wadi Yalamlam Basin, Saudi Arabia. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2016/9585962>
- Kehutanan, K. (2013). *Petunjuk teknis penilaian tingkat bahaya erosi*. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial.
- Kironoto, B.A. dan Yulistiyanto B., (2000), Diktat Kuliah Hidraulika Transpor Sedimen, PPS-Teknik Sipil, Yogyakarta.
- Kolios, S., Vorobev, A. V., Vorobeva, G. R., & Stylios, C. D. (2017). *Geographic Information Systems* (pp. 3–45). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53086-4_1
- Kolli, M. K., Opp, C., & Groll, M. (2021). Estimation of soil erosion and sediment yield concentration across the Kolleru Lake catchment using GIS. *Environmental Earth Sciences*, 80(14), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09443-7>
- Lal, R. (2001). Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International*, 27(1–2), 3–12.
- Kouassi, H., Koua, J.-J., Zro, F., & N’go, A. (2020). Contribution of a Geographical Information System to the study of soil erosion by water in the watershed of the hydro-agricultural dam of Babadou (Côte d’Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 28(2), 458–467. <https://www.ijias.issr-journals.org/abstract.php?article=IJIAS-19-289-05>
- Legowo, S., & Rezky, N. (2020). *Interphase Modeling of Soil Erosion Hazard Using a Geographic Information System and the Universal Soil Loss Equation*. 51(2), 65–75. [https://doi.org/10.29417/JCSWC.202006_51\(2\).0003](https://doi.org/10.29417/JCSWC.202006_51(2).0003)
- Mannering, J. V. (2018). *Soil and Water Management and Conservation* (pp. 349–370). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351073073-10>
- Mannigel, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade etolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*. Maringá. 2008. 24(5):1335-1340.
- Minella, J. P. G., Merten, G. H., Reichert, J. M., & Santos, D. R. (2007). Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31, 1637–1646.

- Moehansyah, H., Maheshwari, B.L., Armstrong, J., 2004. Field evaluation of selected soil erosion models for catchment management in Indonesia. *Biosystems Engineering* 88, 491–506. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.04.013>.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Poesen, J.W.A., Auerswald, K., Chisci, G., Torri, D., Styczen, M.E., 1998. The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. *Earth Surface Processes and Landforms* 23, 527–544. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199806\)23:6<527::AID-ESP868>3.0.CO;2-5](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199806)23:6<527::AID-ESP868>3.0.CO;2-5).
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3, Ed.). Blackwell Publishing.
- Morgan, R.P.C., 2001. A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan-Morgan-Finney model. *Catena* 44, 305–322. [http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00171-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00171-5).
- Nearing, M.A., Foster, G.R., Lane, L.J., Finkner, S.C., 1989. A process based soil erosion model for USDA Water Erosion Prediction Project technology. *Transactions of ASAE* 32, 1587–1593.
- Oliveira, P.T.S., Alves, Sobrinho T., Rodrigues, D.B.B., Panachuki, E., 2011a. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. *Water Resources Management* 25, 1021–1036. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-010-9739-0>
- Osman, K. T. (2014). *Soil Erosion by Water* (pp. 69–101). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7590-9_3
- Ozcan, A. U., Erpul, G., Basaran, M., & Erdogan, H. E. (2008). Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass-Çankırı, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 53(8), 1731–1741. <https://doi.org/10.1007/S00254-007-0779-6>
- Presiden Republik Indonesia. (2012). *Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai*. Lembaran Negara Republik Indonesia. <https://jdih.setneg.go.id>
- Rasmussen, T. C., & Tracy, F. C. (1981). Use of the Universal Soil Loss Equation in the Tropics. *Hydrology and Water Resources in Arizona and the Southwest*. <https://repository.arizona.edu/handle/10150/301229>
- Renard, K. G., & Freimund, J. R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157, 287–306. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90110-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90110-4)
- 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). *Agriculture Handbook*, 703. USDA, Washington.
- Salih, H., Keya, D., & Mohammed, K. (2023). Integrated use of USLE, GIS, and remote sensing for soil erosion mapping in Erbil Basin. *PolyTechnic*. <https://doi.org/10.59341/2707-7799.1716>
- Saputro, R., Kusumastuti, D. I., Wahono, E. P., Purwadi, O. T., & Zakaria, A. (2024). Analyzing Erosion Using GIS in Way Besai Watershed. *Advances in Engineering Research*, 43–53. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-475-4_6
- Scholten, T., & Seitz, S. (2019). *Soil Erosion and Land Degradation*. 3(4), 68. <https://doi.org/10.3390/SOILSYSTEMS3040068>
- Suripin, (2001), *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*, Andi Offset, Yogyakarta
- Susanti, Y., Syafrudin, S., & Helmi, M. (2019). *Soil Erosion Modelling at Watershed Level in Indonesia: a Review*. 125, 01008. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/201912501008>
- Wang, X., & Zhang, T. (2020). *Erosion and Global Change*. <https://doi.org/10.1201/9780429346255-14>
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. U.S. Department of Agriculture.

- Woolhiser, D.A., Smith, R.E., Goodrich, D.C., 1990. KINEROS: A Kinematic Runoff and Erosion Model: Documentation and User Manual, ARS-77. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 130 pp.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to conservation planning. : Agriculture Handbook, 537. USDA, Washington. 58 pp.