PREDIKSI EROSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE REVISED UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (RUSLE) DAN PENGIDERAAN JAUH DI DAERAH ALIRAN SUNGAI LAWO

Prediction of Erosion Rate Using the RUSLE Method and Remote Sensing in Lawo Watershed

Nurul Apriani[1*], Nusrah Rusadi[2], Puspa Sari[3], Hutami Indah Pertiwi[1], William Rio Imanuel Sopaheluwakan[1], dan Ari Putra Warsito[1]

[1]Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Papua, Manokwari, Jalan Gunung Salju Amban, Manokwari, 98314, Papua Barat, Indonesia

[2]Program Studi Manajemen Sumber Daya Hutan, Jurusan Kehutanan, Politeknik Pertanian Kupang, Jl. Prof Dr. Herman Johanes, Kupang, 85228, Provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia

[3]Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui, Kupang, 85228 Provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia

ABSTRACT. *This study aims to analyze soil erosion in the Lawo Watershed using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) integrated with remote sensing and Geographic Information Systems (GIS). The analysis was conducted using a spatial modeling approach based on survey data and hydrological simulation. The results show that the average annual erosion rate in the Lawo Watershed is 13.02 tons/ha/year, which is classified as low. Erosion values vary across land-use types, with the lowest rate observed in secondary forest (0.13 tons/ha/year) and the highest in dry land farming mixed with shrubs (4.45 tons/ha/year). Areas with high erosion rates are associated with steep slopes and inadequate land management practices. The erosion hazard level is dominated by the very light category (33.43%), although areas classified as heavy to very heavy account for 25.88% of the watershed. These findings indicate that land use and topographic conditions play a key role in controlling erosion, and appropriate soil and water conservation practices are required to reduce land degradation in the Lawo Watershed.*

Keywords: *Erosion; RUSLE; Land Use; Soil and Water Conservation*

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis erosi tanah di Daerah Aliran Sungai (DAS) Lawo menggunakan metode Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) yang diintegrasikan dengan penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis dilakukan melalui pendekatan pemodelan spasial berbasis survei dan simulasi hidrologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju erosi tahunan rata-rata di DAS Lawo sebesar 13,02 ton/ha/tahun dan termasuk dalam kategori ringan. Nilai erosi bervariasi pada setiap penggunaan lahan, dengan nilai terendah pada hutan sekunder (0,13 ton/ha/tahun) dan tertinggi pada pertanian lahan kering campur semak (4,45 ton/ha/tahun). Area dengan tingkat erosi tinggi umumnya berada pada lereng curam dengan pengelolaan lahan yang kurang optimal. Tingkat bahaya erosi didominasi oleh kategori sangat ringan (33,43%), namun area dengan kategori berat hingga sangat berat mencapai 25,88% dari luas DAS. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan lahan dan kondisi topografi berperan penting dalam mengendalikan erosi, sehingga diperlukan penerapan konservasi tanah dan air untuk mengurangi degradasi lahan di DAS Lawo.

Kata kunci: *Erosi, RUSLE, Penggunaan Lahan, Konservasi Tanah dan Air*

Penulis untuk korespondensi: n.apriani@unipa.ac.id

PENDAHULUAN

Laju degradasi lahan akibat erosi tanah di wilayah tropis merupakan tantangan serius bagi keberlanjutan ekosistem daerah aliran sungai (DAS). Erosi tanah menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas yang subur serta menghasilkan sedimen yang terangkut ke wilayah hilir dan terakumulasi di sungai maupun waduk. Proses ini dipengaruhi oleh curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, dan penggunaan lahan dalam suatu DAS. Akumulasi sedimen tersebut dapat menurunkan kapasitas tampung, mempercepat pendangkalan, serta mengganggu fungsi hidrologis dan kualitas air (Rabelo et al., 2025; Utari et al., 2025).

DAS Lawo yang terletak di Kabupaten Soppeng memiliki peran strategis sebagai penyokong sistem hidrologi Danau Tempe. Perubahan penggunaan lahan yang masif serta karakteristik topografi yang didominasi lereng curam meningkatkan kerentanan wilayah ini terhadap kehilangan tanah. Kondisi tersebut dipicu oleh ekspansi lahan pertanian intensif pada area sensitif tanpa penerapan tindakan konservasi yang memadai. Hal ini meningkatkan laju erosi, menurunkan kesuburan tanah, serta berdampak pada produktivitas lahan dan ketahanan pangan (Biru et al., 2025; Tefera et al., 2024).

Prediksi laju erosi umumnya dilakukan menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Meskipun telah banyak digunakan, metode ini memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan dinamika limpasan permukaan pada kondisi hidrologi yang kompleks. Oleh karena itu, model *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) yang diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) banyak digunakan karena mampu mengakomodasi variasi spasial faktor erosi pada wilayah dengan kondisi topografi dan penggunaan lahan yang beragam (Fadl et al., 2025; Renard, 1997).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengaplikasikan RUSLE berbasis SIG untuk memprediksi erosi di wilayah tropis. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih menggunakan pendekatan faktor erosivitas hujan yang bersifat statis dan belum mempertimbangkan dinamika aliran permukaan secara eksplisit. Padahal, pada wilayah DAS dengan curah hujan tinggi, interaksi antara hujan dan limpasan permukaan memiliki peran penting dalam menentukan besarnya erosi.

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengintegrasikan aspek hidrologi secara lebih representatif. Dalam penelitian ini, model RUSLE diintegrasikan dengan teknologi penginderaan jauh dan pemodelan hidrologi ArcSWAT untuk meningkatkan akurasi estimasi kehilangan tanah melalui pendekatan yang mempertimbangkan hubungan curah hujan dan limpasan permukaan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memetakan faktor-faktor penentu erosi, yaitu Erosivitas (R),Erodibilitas (K), Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S), serta Faktor Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi (CP) di DAS Lawo serta memprediksi laju kehilangan tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengestimasi tingkat bahaya erosi serta sebagai bahan pertimbangan dalam perumusan kebijakan penanganan degradasi lahan dan strategi konservasi tanah di Kabupaten Soppeng.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi berbasis pemetaan yang tergolong dalam penelitian non-eksperimental dengan menggunakan metode survei untuk memprediksi laju erosi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Lawo, Kabupaten Soppeng, Provinsi Sulawesi Selatan. Rancangan penelitian mengintegrasikan penggunaan data primer dan sekunder yang diolah secara spasial di Laboratorium Manajemen dan Perencanaan Fakultas Kehutanan, Universitas Papua. Data primer dikumpulkan melalui interpretasi citra satelit Landsat 8 (USGS) dan observasi lapangan menggunakan metode *purposive sampling* untuk verifikasi penggunaan lahan, serta pengolahan data *Digital Elevation Model* (DEM) berbasis data kontur dan jaringan sungai.

Data sekunder mencakup data spasial administrasi, peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:250.000 (BIG), peta sebaran jenis tanah, serta data klimatologi berupa curah hujan dan temperatur dari Stasiun Malanroe-040730004 melalui Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan Jeneberang. Data tersebut digunakan untuk mendukung analisis spasial dan pemodelan hidrologi dalam penelitian ini.

Peralatan utama yang digunakan dalam analisis data meliputi perangkat lunak ArcGIS versi 10.8 (ESRI) yang dilengkapi dengan ekstensi Arc.SWAT untuk pemodelan hidrologi dan pengolahan citra.

Analisis data dilakukan menggunakan model *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) dengan persamaan:

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

dimana :

A = Merupakan jumlah erosi atau kehilangan tanah rata-rata dalam satu tahun, yang dinyatakan dalam satuan ton/ha/tahun

R = Faktor erosivitas hujan yang merepresentasikan potensi energi kinetik hujan sebagai agen penyebab pengikisan tanah. Dalam penelitian Anda, nilai R dihitung secara dinamis menggunakan pendekatan indeks erosivitas hujan-aliran permukaan (R_m) yang mengintegrasikan volume limpasan dan puncak laju aliran permukaan.

K = Faktor erodibilitas tanah yang menunjukkan tingkat resistensi atau kerentanan jenis tanah tertentu terhadap pengikisan dan pengangkutan oleh air. Nilai ini ditentukan oleh karakteristik fisik tanah seperti tekstur, stabilitas agregat, dan kandungan bahan organik.

LS = Faktor topografi yang menggabungkan panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S). Faktor ini sangat signifikan karena menentukan kecepatan dan volume aliran permukaan (*run-off*) yang memicu pengikisan tanah.

C = Faktor pengelolaan tanaman yang menunjukkan nisbah antara besarnya erosi dari lahan dengan vegetasi atau pengelolaan tertentu terhadap lahan terbuka. Vegetasi berperan melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung butir hujan.

P = Faktor tindakan konservasi tanah dan air yang menunjukkan rasio kehilangan tanah dengan tindakan konservasi tertentu (seperti terasering atau guludan) dibandingkan dengan pengolahan tanah searah lereng.

Penentuan faktor erosivitas hujan (R) dalam penelitian ini dilakukan secara dinamis menggunakan pendekatan indeks erosivitas hujan–aliran permukaan (Rm). Nilai Rm dihitung menggunakan persamaan:

$$(Rm = 11{,}8\ x\ V\ x\ {Q_p}^{0{,}56})$$

Dimana :

Rm = Erosivitas hujan-aliran permukaan
V = Volume aliran permukaan dalam m^3
Qp = Puncak laju aliran permukaan dalam m^3/dt

Nilai V merupakan volume aliran permukaan (m^3) dan Qp adalah puncak laju aliran permukaan (m^3/detik). Nilai V dan Qp diperoleh dari hasil simulasi model hidrologi menggunakan perangkat lunak ArcSWAT.

Nilai faktor erodibilitas tanah ditentukan untuk tiap satuan lahan. Penetapan besarnya nilai faktor erodibilitas tanah diperoleh dengan menganalisis peta jenis tanah dan nilai erodibilitas setiap jenis tanah yang diperoleh dari data sistem lahan *Regional Physical Project for Transmigration* (RePPProt) tahun 1987. Dari hasil analisis tersebut kemudian dicocokkan dengan tabel nilai K yang telah ditetapkan.

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) diperoleh dari analisis data Digital Elevation Model (DEM) melalui proses ekstraksi kemiringan lereng dan panjang aliran permukaan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) selanjutnya dihitung menggunakan rumus berikut

$$\text{LS} = (\frac{L}{22{,}1})^{a}\ (0065 + 0{,}45S + 0{,}0065\ S^2\ )$$

dimana :
L = panjang lereng
S = kemiringan lereng

Faktor pengelolaan tanaman (C) dan tindakan konservasi tanah (P) ditentukan berdasarkan klasifikasi penggunaan lahan yang merujuk pada nilai standar CP dari literatur yang relevan serta regulasi nasional.

Seluruh parameter R, K, LS, C, dan P kemudian diintegrasikan menggunakan teknik overlay dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan peta laju erosi. Hasil tersebut selanjutnya diklasifikasikan ke dalam Tingkat Bahaya Erosi (TBE) berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Nomor P.4/V-SET/2013. Berikut adalah tabel klasifikasi TBE sesuai peraturan tersebut.

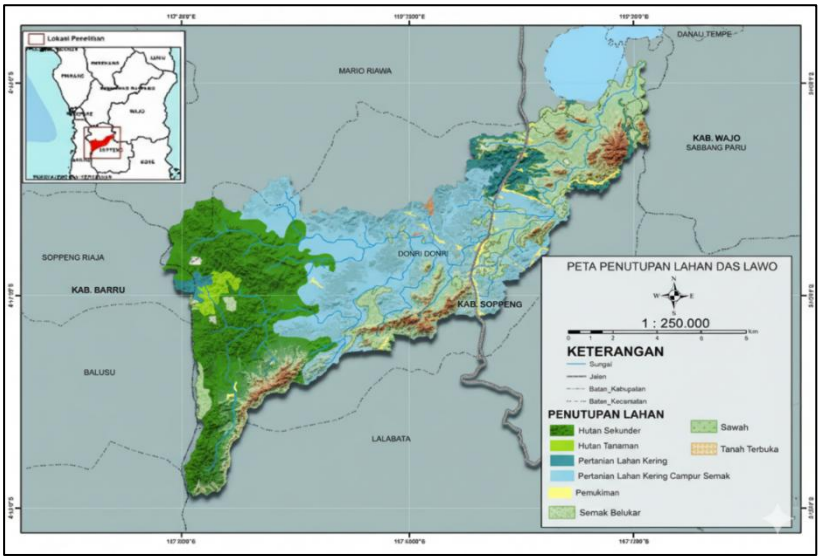
Tabel 1. Kelas Tingkat Bahaya Eosi

No.	Solum Tanah (cm)	Kelas Erosi				
		I	II	III	IV	V
		Erosi (ton/ha/tahun)				
		< 15	15 - 60	60 - 180	180 – 480	> 480
1.	Dalam	SR	R	S	B	SB
	> 90	0	I	II	III	IV
2.	Sedang	R	S	B	SB	SB
	60 – 90	I	II	III	IV	IV
3.	Dangkal	S	B	SB	SB	SB
	30 – 60	II	III	IV	IV	IV
No.	Solum Tanah (cm)	Kelas Erosi				
		I	II	III	IV	V
		Erosi (ton/ha/tahun)				
		< 15	15 - 60	60 - 180	– 480	> 480
4.	Sangat Dangkal	B	SB	SB	SB	SB
	< 30	III	IV	IV	IV	IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

DAS Lawo masuk dalam wilayah administrasi Kabupaten Soppeng. Provinsi Sulawesi Selatan seluas 15460,18 Ha. DAS Lawo menurut Harjianto dalam Apriani (2021) sebagian merupakan daerah depresi (daerah cekungan) dan resapan air, yang alirannya langsung masuk ke Danau Tempe.

Penggunaan lahan yang terdapat pada Daerah Aliran Sungai Lawo berdasarkan hasil interpretasi citra landsat 8 serta hasil observasi lapangan yaitu Hutan sekunder, Hutan tanaman, Pertanian lahan kering, Pertanian lahan kering campur semak, Sawah, Semak belukar, Pemukiman, Tanah terbuka. Seperti yang terlihat pada gambar 1 Peta Penutupan Lahan DAS Lawo.



Gambar 1. Peta Penutupan Lahan

Faktor Erosivitas Hujan (R)

Faktor erosivitas hujan (R) merepresentasikan potensi energi kinetik hujan sebagai agen utama penyebab erosi tanah. Nilai R di DAS Lawo sebesar 1.158,28 menunjukkan tingkat erosivitas hujan yang tinggi, yang umum dijumpai pada wilayah tropis dengan intensitas curah hujan besar.

Berdasarkan konsep RUSLE, faktor erosivitas hujan menggambarkan kemampuan hujan dalam menyebabkan erosi yang ditentukan oleh energi kinetik dan intensitas hujan dalam menghasilkan limpasan permukaan (Renard, 1997). Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa DAS lain di wilayah tropis, sehingga menunjukkan potensi energi erosif hujan yang lebih besar pada DAS Lawo.

Tingginya nilai R dipengaruhi oleh intensitas curah hujan yang besar serta kontribusi limpasan permukaan yang terbentuk. Interaksi antara volume aliran permukaan (V) dan debit puncak aliran (Qp) menghasilkan energi kinetik yang signifikan dalam menghancurkan agregat tanah dan mempercepat proses pengangkutan partikel tanah ke wilayah hilir. Nilai V dan Qp diperoleh dari hasil simulasi model hidrologi menggunakan ArcSWAT, sehingga mampu merepresentasikan hubungan antara curah hujan dan limpasan permukaan secara lebih dinamis. Kondisi tersebut sejalan dengan karakteristik wilayah tropis, di mana intensitas curah hujan yang tinggi berkontribusi terhadap peningkatan limpasan permukaan dan potensi erosi (Asdak, 2023).

Nilai tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa wilayah DAS lainnya di Indonesia. Sebagai contoh, pada DAS Olaya di Sulawesi Tengah, analisis menggunakan metode USLE berbasis Sistem Informasi Geografis menunjukkan bahwa erosi tanah dipengaruhi oleh faktor curah hujan, sifat tanah, kemiringan lereng, serta penggunaan dan pengelolaan lahan (Andayani, 2025). Hal tersebut menunjukkan bahwa faktor erosivitas hujan tidak bekerja secara tunggal, tetapi berinteraksi dengan faktor biofisik lainnya dalam menentukan besarnya kehilangan tanah.

Pada DAS Serayu di Jawa Tengah, penerapan model RUSLE berbasis SIG menunjukkan bahwa penurunan tutupan vegetasi akibat alih fungsi lahan menjadi faktor utama meningkatnya laju erosi. Peningkatan tutupan vegetasi terbukti mampu menurunkan laju erosi secara signifikan, sehingga kondisi lahan dengan vegetasi rendah lebih rentan terhadap kehilangan tanah (Harliando et al., 2023).

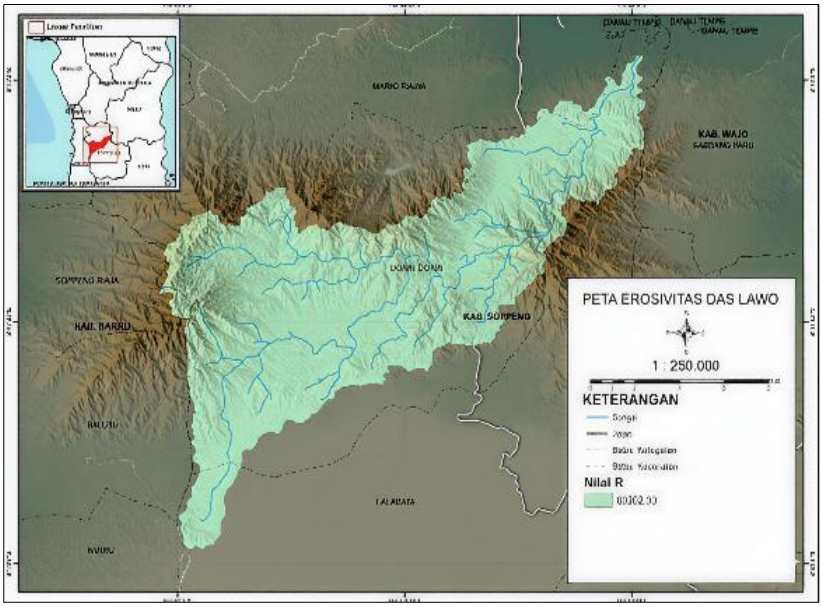
Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa tingginya nilai erosivitas hujan akan semakin meningkatkan potensi erosi apabila didukung oleh kondisi lereng yang curam dan tutupan lahan yang kurang optimal. Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik DAS Lawo yang didominasi oleh lereng curam hingga sangat curam serta penggunaan lahan pertanian lahan kering yang cukup luas.

Dengan demikian, faktor iklim yang ditunjukkan oleh tingginya nilai erosivitas hujan, bersama dengan kondisi topografi dan penggunaan lahan, berperan secara sinergis sebagai pengendali utama proses erosi di DAS Lawo. Kondisi ini menunjukkan bahwa wilayah DAS Lawo memerlukan prioritas dalam penerapan teknik konservasi tanah dan air untuk mengurangi potensi degradasi lahan.

Nilai erosivitas hujan pada DAS Lawo menunjukkan nilai yang relatif seragam karena perhitungan didasarkan pada satu stasiun hujan sebagai sumber data utama. Distribusi nilai erosivitas hujan (R) di DAS Lawo disajikan pada Tabel 2. Selanjutnya, distribusi spasial nilai erosivitas hujan ditampilkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Nilai R DAS Lawo

Stasiun	Nilai R	Luas (Ha)	Persentase (%)
Malanroe - 040730004	1158,28	15460,18	100,00



Gambar 1. Peta Erosivitas Hujan (R)

Faktor Erodibilitas (K)

Besarnya erodibilitas tanah (K) ditentukan oleh karakteristik fisik dan kimia tanah, seperti tekstur, stabilitas agregat, kapasitas infiltrasi, serta kandungan bahan organik. Variasi karakteristik tersebut mempengaruhi tingkat kerentanan tanah terhadap proses pengikisan dan pengangkutan oleh aliran permukaan. Berdasarkan hasil analisis Sistem Informasi Geografis (SIG), jenis tanah dan nilai erodibilitas (K) di DAS Lawo disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis Tanah dan Nilai K DAS Lawo

Jenis Tanah	Nilai K	Luas (Ha)	Persentase (%)
Dystropepts	0,21	12294,62	79,52
Paleudults	0,23	251,16	1,62
Tropaquepts	0,20	2914,40	18,85
Total		15.460,18	100,00

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat tiga jenis tanah utama di DAS Lawo, yaitu Dystropepts, Paleudults, dan Tropaquepts. Jenis tanah tersebut menjadi dasar dalam penentuan nilai erodibilitas tanah (K). Nilai K tertinggi ditemukan pada tanah Paleudults sebesar 0,23, yang menunjukkan tingkat kerentanan terhadap erosi lebih tinggi dibandingkan dengan Dystropepts (0,21) dan Tropaquepts (0,20).

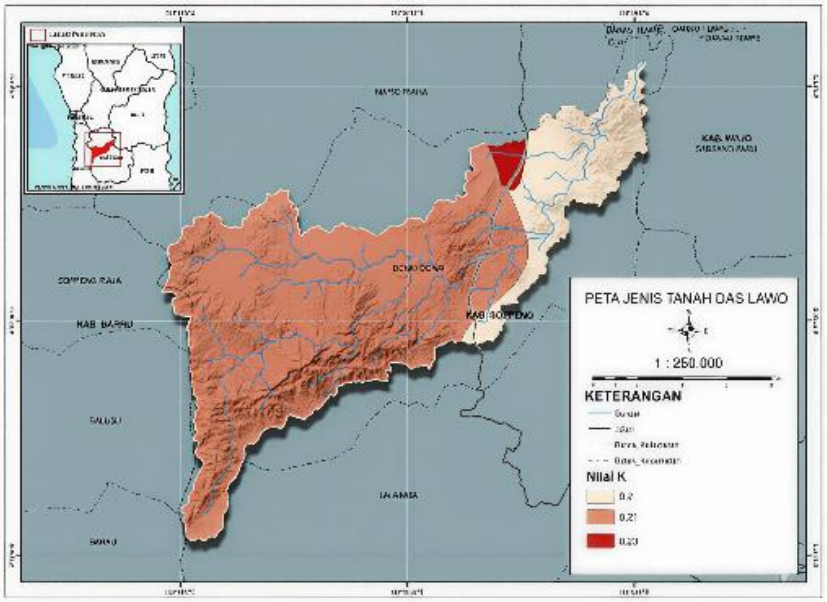
Tingginya nilai erodibilitas pada Paleudults berkaitan dengan karakteristik tanah yang umumnya memiliki tekstur lebih halus, kandungan bahan organik yang relatif rendah, serta struktur tanah yang kurang stabil. Kondisi tersebut menyebabkan agregat tanah mudah terdispersi dan lebih rentan terhadap proses pengikisan oleh aliran permukaan. Sebaliknya, nilai K yang lebih rendah pada Dystropepts dan Tropaquepts menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki ketahanan yang relatif lebih baik terhadap erosi.

Nilai erodibilitas tanah yang tinggi pada DAS Jeneberang, khususnya Sub DAS Jenelata, dipengaruhi oleh rendahnya kandungan bahan organik yang menyebabkan penurunan stabilitas agregat tanah dan meningkatkan kerentanan terhadap erosi (Musakkir et al., 2024). Variasi nilai erodibilitas tanah pada DAS Air Bengkulu juga dipengaruhi oleh tutupan lahan dan sifat tanah, di mana area dengan tutupan vegetasi rendah cenderung memiliki nilai erodibilitas yang lebih tinggi (Lovita & Sulistyo, 2025). Perbedaan nilai erodibilitas antar jenis tanah turut teridentifikasi pada DAS Keuliling, yang menunjukkan bahwa sifat fisik tanah seperti tekstur dan struktur berperan penting dalam menentukan tingkat

kerentanan terhadap erosi (Azmeri et al., 2022).

Secara spasial, jenis tanah Dystropepts mendominasi wilayah DAS Lawo dengan luas 12.294,62 ha (79,52%), diikuti oleh Tropaquepts seluas 2.914,40 ha (18,85%). Dominasi jenis tanah dengan nilai K sedang menunjukkan bahwa secara umum tingkat erodibilitas tanah di DAS Lawo berada pada kategori rendah hingga sedang.

Perbedaan nilai erodibilitas tersebut menunjukkan bahwa karakteristik tanah berperan penting dalam mengontrol proses erosi, terutama ketika berinteraksi dengan faktor lain seperti curah hujan dan kemiringan lereng. Distribusi spasial nilai erodibilitas tanah disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Erodibilitas (K)

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) merupakan salah satu parameter topografi yang berpengaruh signifikan terhadap proses aliran permukaan dan erosi tanah. Panjang lereng menentukan jarak tempuh aliran permukaan, sedangkan kemiringan lereng mempengaruhi kecepatan aliran air. Kombinasi kedua faktor tersebut akan meningkatkan energi aliran permukaan sehingga memperbesar kemampuan aliran dalam mengangkut partikel tanah (Renard, 1997; Wischmeier & Smith, 1978). Selain itu, peningkatan kemiringan lereng juga berkontribusi terhadap peningkatan kecepatan aliran dan daya erosi, sehingga nilai faktor LS yang tinggi umumnya berkorelasi dengan potensi erosi yang lebih besar (Desmet & Govers, 1996; Moore & Burch, 1986).

Nilai faktor LS di DAS Lawo dihitung menggunakan metode RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai LS pada Daerah Aliran Sungai Lawo

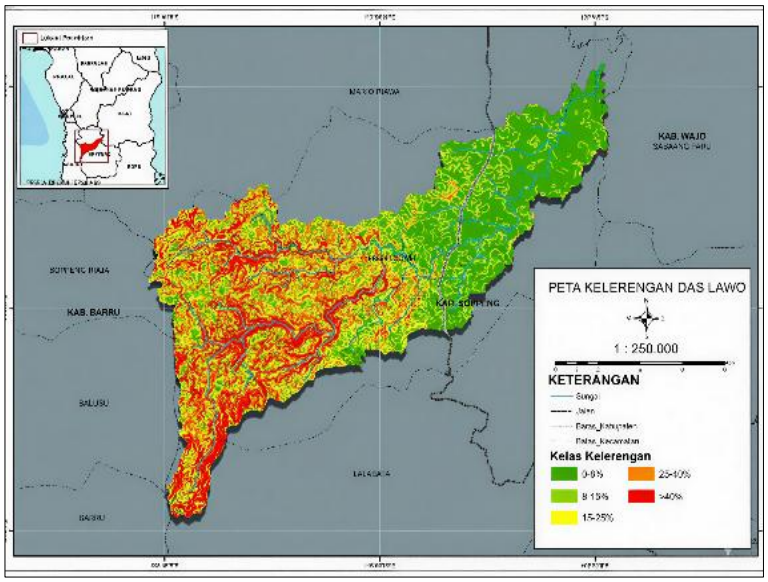
Topografi	Kelerengan (%)	Nilai LS	Luas (Ha)	Persentase (%)
Datar	0-8%	0.4	5334,34	34,50
Landai	8-15%	1.4	1567,83	10,14
Agak Curam	15-25%	3.1	1750,07	11,32
Curam	25-40%	6.8	4476,82	28,96
Sangat Curam	>40%	9.5	2331,13	15,08
Total			15460,18	100,00

Berdasarkan hasil analisis, DAS Lawo didominasi oleh topografi datar (0–8%) seluas 34,50% dan curam (25–40%) sebesar 28,96%. Selain itu, wilayah dengan kemiringan sangat curam (>40%) juga cukup signifikan, yaitu sebesar 15,08%. Nilai LS yang tinggi pada kelas lereng curam hingga sangat curam menunjukkan potensi erosi yang besar karena meningkatnya kecepatan aliran permukaan dan energi kinetik air.

Faktor topografi memiliki peran penting dalam mengontrol proses erosi tanah. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) memiliki hubungan langsung dengan kehilangan tanah, di mana peningkatan panjang dan kemiringan lereng akan meningkatkan laju erosi akibat bertambahnya kecepatan serta akumulasi aliran permukaan (Ansari & Tayfur, 2023). Selain itu, nilai LS yang tinggi pada wilayah dengan topografi curam berkorelasi dengan tingkat erosi yang lebih besar, karena meningkatnya energi aliran permukaan dalam mengangkut partikel tanah (Gezici et al., 2025). Hubungan tersebut menunjukkan bahwa faktor topografi memiliki peran dominan dalam mengendalikan dinamika erosi pada skala daerah aliran sungai.

Secara mekanistik, peningkatan kemiringan lereng akan meningkatkan kecepatan aliran permukaan, sedangkan panjang lereng yang lebih besar memungkinkan akumulasi energi aliran yang lebih tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan kemampuan aliran dalam mengangkut partikel tanah menjadi lebih besar, sehingga meningkatkan potensi erosi.

Dengan demikian, wilayah DAS Lawo, khususnya pada kelas lereng curam hingga sangat curam, memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap erosi. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya penerapan teknik konservasi tanah dan air seperti terasering, penanaman vegetasi penutup tanah, serta pengelolaan lahan berbasis konservasi untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan dan menekan laju erosi. Distribusi spasial nilai LS di DAS Lawo disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kelerengan DAS Lawo (LS)

Faktor Pengelolaan Tanaman (C) dan Tindakan Konservasi Tanah dan Air (P)

Penentuan nilai faktor pengelolaan tanaman (C) dan tindakan konservasi tanah dan air (P) dalam penelitian ini merujuk pada Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Nomor P.4/V-SET/2013. Secara teoretis, faktor P merupakan nisbah antara besarnya erosi pada lahan dengan tindakan konservasi tertentu terhadap erosi pada lahan yang diolah searah lereng. Integrasi antara faktor C dan P menjadi variabel penting yang dapat dikendalikan dalam upaya pencegahan degradasi lahan. Nilai indeks gabungan (CP) serta proporsi luasan untuk setiap jenis penggunaan lahan di DAS Lawo disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengelolaan Tanaman (C) dan Tindakan Konservasi Tanah dan Air (P) DAS Lawo

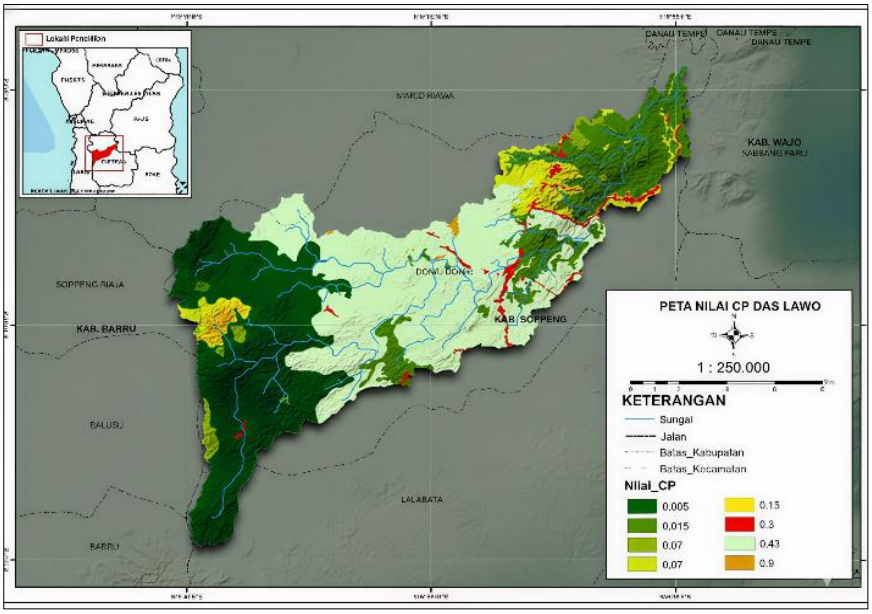
Penggunaan Lahan	Nilai CP	Luas (Ha)	Persentase (%)
Hutan Sekunder	0,005	5089,94	32,92
Hutan Tanaman	0,20	202,23	1,31
Pertanian Lahan Kering	0,50	808,57	5,23
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	0,16	6190,07	40,04
Sawah	0,01	2643,61	17,10
Semak Belukar	0,30	225,37	1,46
Pemukiman	1,00	268,04	1,73
Lahan Terbuka	1,00	32,36	0,21
Total		15.460,18	100,00

Berdasarkan hasil analisis, nilai CP terendah terdapat pada hutan sekunder (0,005) dengan luas 5.089,94 ha (32,92%). Kerapatan tajuk vegetasi pada hutan sekunder mampu mereduksi energi kinetik air hujan sebelum mencapai permukaan tanah, sehingga menurunkan risiko erosi percik secara signifikan. Vegetasi permanen juga berperan dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi dan menjaga stabilitas agregat tanah, sehingga mampu menekan laju erosi.

Penggunaan lahan sawah memiliki nilai CP rendah sebesar 0,01 pada area seluas 2.643,61 ha. Rendahnya nilai tersebut dipengaruhi oleh penerapan teknik konservasi mekanis seperti terasering yang mampu menghambat aliran permukaan. Sebaliknya, nilai CP tertinggi ditemukan pada kawasan permukiman (1,00) dan lahan terbuka (1,00), yang menunjukkan bahwa ketiadaan vegetasi penutup meningkatkan potensi kehilangan tanah secara signifikan.

Nilai CP yang rendah pada tutupan vegetasi permanen dan lahan sawah serta nilai yang tinggi pada lahan terbuka dan permukiman menunjukkan pola yang konsisten dengan berbagai hasil penelitian sebelumnya. Secara umum, nilai CP rendah ditemukan pada lahan dengan tutupan vegetasi rapat dan penerapan tindakan konservasi yang baik, sedangkan nilai CP tinggi umumnya terdapat pada lahan tanpa perlindungan vegetasi. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan vegetasi penutup dan praktik konservasi tanah memiliki peran penting dalam menekan laju erosi melalui pengendalian aliran permukaan, penurunan kecepatan aliran, serta pengurangan energi erosif hujan, sehingga menurunkan kemampuan aliran permukaan dalam mengangkut partikel tanah (Niu et al., 2025; Wei et al., 2024).

Dengan demikian, pengelolaan tanaman dan penerapan tindakan konservasi tanah dan air menjadi faktor kunci dalam mengendalikan erosi, terutama pada wilayah dengan kemiringan lereng yang tinggi. Upaya konservasi seperti penanaman vegetasi penutup tanah, pengelolaan pola tanam, serta penerapan teknik konservasi mekanis perlu dioptimalkan untuk meminimalkan degradasi lahan. Distribusi spasial nilai CP di DAS Lawo disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi Tanah dan Air (CP)

Prediksi Erosi Daerah Aliran Sungai Lawo

Prediksi erosi di DAS Lawo dihitung menggunakan metode RUSLE melalui integrasi faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), penutupan vegetasi dan pengelolaan tanaman (C), serta tindakan konservasi tanah (P). Nilai erosi pada setiap penggunaan lahan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Prediksi Erosi Berdasarkan Metode RUSLE

Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Erosi RUSLE (ton/ha/tahun)
Hutan Sekunder	5089,94	0,13
Hutan Tanaman	202,23	0,23
Pertanian Lahan Kering	808,57	3,06
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	6190,07	4,45
Sawah	2643,61	0,14
Semak Belukar	225,37	0,14
Pemukiman	268,04	4,40
Lahan Terbuka	32,36	0,44
Total	15460,18	13,02

Nilai erosi tertinggi terdapat pada pertanian lahan kering campur semak sebesar 4,45 ton/ha/tahun dengan luas 6.190,07 ha. Nilai tersebut menunjukkan kontribusi terbesar terhadap kehilangan tanah di DAS Lawo. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh dominasi area serta keberadaannya pada lereng curam hingga sangat curam.

Penggunaan lahan permukiman menghasilkan erosi sebesar 4,40 ton/ha/tahun pada luas 268,04 ha. Permukaan kedap air mengurangi infiltrasi dan meningkatkan limpasan permukaan sehingga memperbesar energi aliran dalam mengangkut partikel tanah (Taslim et al., 2019).

Pertanian lahan kering menghasilkan erosi sebesar 3,06 ton/ha/tahun pada luas 808,57 ha. Nilai tersebut dipengaruhi oleh kemiringan lereng dan keterbatasan vegetasi penutup yang melindungi tanah dari energi kinetik hujan. Konversi lahan tanpa vegetasi penutup meningkatkan kehilangan tanah pada wilayah tropis (Labrière et al., 2015).

Lahan terbuka menghasilkan erosi sebesar 0,44 ton/ha/tahun pada luas 32,36 ha. Permukaan tanah tanpa vegetasi menerima energi hujan secara langsung sehingga meningkatkan potensi erosi.

Vegetasi berperan dalam mereduksi energi hujan dan melindungi permukaan tanah dari pengikisan (Kogo et al., 2020).

Hutan sekunder menghasilkan erosi sebesar 0,13 ton/ha/tahun pada luas 5.089,94 ha. Sawah menghasilkan erosi sebesar 0,14 ton/ha/tahun pada luas 2.643,61 ha. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tutupan vegetasi rapat dan penerapan konservasi mampu menekan laju erosi secara signifikan.

Nilai erosi rata-rata di DAS Lawo sebesar 13,02 ton/ha/tahun termasuk dalam kategori ringan berdasarkan klasifikasi tingkat bahaya erosi. Nilai tersebut mendekati ambang batas toleransi erosi yang umumnya berkisar antara 10–15 ton/ha/tahun, sehingga menunjukkan potensi degradasi lahan apabila tidak dilakukan pengelolaan yang tepat (Renard, 1997). Variasi nilai erosi dipengaruhi oleh interaksi faktor topografi, curah hujan, karakteristik tanah, serta pengelolaan lahan. Penerapan teknik konservasi tanah dan air diperlukan untuk menekan laju erosi dan mengurangi risiko degradasi lahan di DAS Lawo.

Tingkat Bahaya Erosi

Penentuan tingkat bahaya erosi di DAS Lawo merujuk pada klasifikasi yang ditetapkan dalam Peraturan Direktur Jenderal Nomor P.4/V-SET/2013. Tingkat bahaya erosi diperoleh dari integrasi faktor erosivitas hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), serta pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi (CP). Klasifikasi digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kerusakan lahan dan menentukan prioritas pengelolaan. Tingkat bahaya erosi disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tingkat Bahaya Erosi DAS Lawo

Tingkat Bahaya Erosi	Luas (Ha)	Persentase (%)
Erosi Sangat Ringan	5168,45	33,43
Erosi Ringan	3764,35	24,35
Erosi Sedang	2527,19	16,34
Erosi Berat	2205,44	14,27
Erosi Sangat Berat	1794,76	11,61
Total	15460,18	100,00

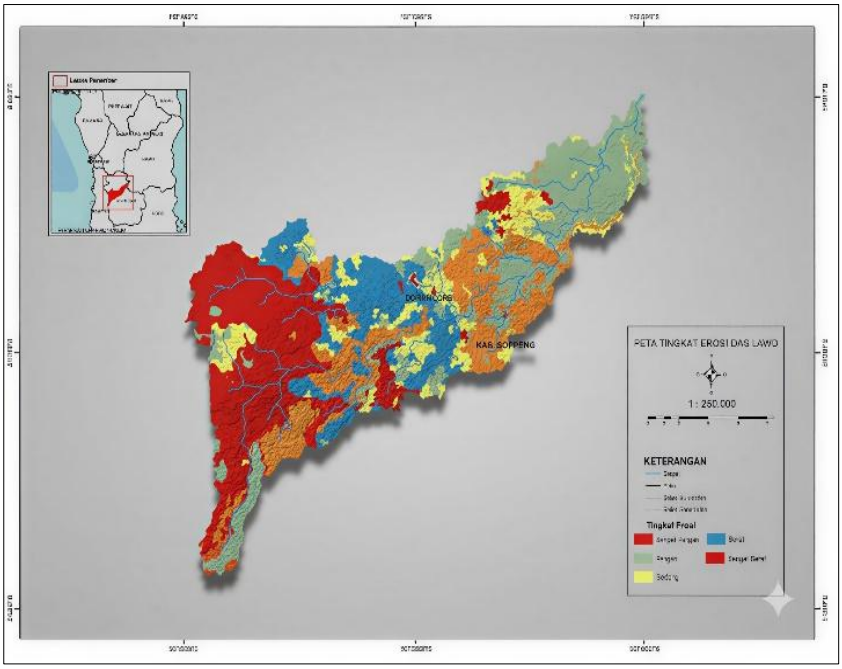
Kategori erosi sangat ringan mendominasi DAS Lawo dengan luas 5.168,45 ha (33,43%). Area dengan kategori ringan hingga sedang mencakup 6.291,54 ha (40,69%). Area dengan kategori berat hingga sangat berat mencapai 4.000,20 ha (25,88%) dan menunjukkan tingkat kerentanan tinggi terhadap degradasi lahan.

Sebaran tingkat bahaya erosi menunjukkan bahwa wilayah dengan kategori berat hingga sangat berat umumnya berada pada lahan dengan kemiringan lereng curam dan penggunaan lahan pertanian tanpa tindakan konservasi yang memadai. Kondisi tersebut meningkatkan kecepatan aliran permukaan dan kemampuan aliran dalam mengangkut partikel tanah.

Tingkat bahaya erosi pada daerah aliran sungai umumnya didominasi oleh kelas rendah hingga sedang, sedangkan kategori tinggi terkonsentrasi pada wilayah dengan kemiringan lereng curam dan tutupan vegetasi yang rendah (Getu et al., 2022; Negese et al., 2021).

Area dengan tingkat bahaya erosi berat hingga sangat berat memerlukan penanganan prioritas melalui penerapan teknik konservasi tanah dan air. Teknik konservasi mekanis dan vegetatif diperlukan untuk menurunkan kecepatan aliran permukaan dan meningkatkan stabilitas tanah pada lahan dengan kemiringan lereng tinggi.

Kondisi DAS Lawo menunjukkan tingkat bahaya erosi yang bervariasi dengan dominasi kategori rendah hingga sedang serta keberadaan area kritis pada kategori berat hingga sangat berat. Kondisi tersebut menunjukkan kebutuhan pengelolaan lahan secara terarah untuk mencegah peningkatan degradasi lahan. Distribusi spasial tingkat bahaya erosi di DAS Lawo disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Tingkat Bahaya Erosi di DAS Lawo

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa laju erosi tahunan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Lawo berdasarkan metode Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) sebesar 13,02 ton/ha/tahun dan termasuk dalam kategori ringan. Tingkat bahaya erosi didominasi oleh kategori sangat ringan, namun terdapat area dengan tingkat bahaya erosi berat hingga sangat berat yang menunjukkan kerentanan tinggi terhadap degradasi lahan. Penggunaan lahan pertanian lahan kering campur semak menjadi penyumbang utama erosi, sehingga faktor penggunaan lahan dan topografi berperan penting dalam mengendalikan besarnya erosi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan lahan melalui penerapan teknik konservasi tanah dan air menjadi langkah penting dalam menekan laju erosi dan menjaga keberlanjutan fungsi DAS Lawo.

Saran

Berdasarkan temuan tersebut, pengelolaan DAS Lawo memerlukan penerapan teknik konservasi tanah dan air secara terintegrasi, terutama pada wilayah dengan kemiringan lereng tinggi dan tingkat bahaya erosi yang tinggi. Penguatan pengelolaan vegetasi dan pengendalian perubahan penggunaan lahan menjadi langkah penting untuk menekan laju erosi dan menjaga keberlanjutan fungsi hidrologis DAS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kehutanan Universitas Papua atas dukungan fasilitas dan akademik selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan Jeneberang atas penyediaan data klimatologi serta Laboratorium Manajemen dan Perencanaan Fakultas Kehutanan Universitas Papua atas dukungan dalam analisis data spasial dan pemodelan hidrologi. Apresiasi disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Apriani, N., U. Arsyad dan B. Mapangaja. (2021). Prediksi erosi berdasarkan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) untuk arahan penggunaan lahan di daerah aliran sungai Lawo. *Jurnal Hutan dan Masyarakat* 13 (1) :

49-63. https://doi.org/10.24259/jhm.v13i1.10979

Andayani, S. (2025). Modeling of Soil Erosion Hazard Based on USLE and GIS in the Olaya Watershed, Central Sulawesi. *Jurnal Sains Dan Teknologi Tadulako*, *11*(2), 105–123. https://doi.org/10.22487/jstt.v11i2.982

Ansari, A., & Tayfur, G. (2023). Comparative analysis of estimation of slope-length gradient (LS) factor for entire Afghanistan. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *14*(1), 2200890. https://doi.org/10.1080/19475705.2023.2200890

Asdak, C. (2023). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Ugm Press.

Azmeri, A., Nurbaiti, N., Mawaddah, N., Yunita, H., Jemi, F. Z., & Sundary, D. (2022). Surface erosion hazard and sediment yield for Keuliling Reservoir in Indonesia. *Journal of Water and Land Development*. http://dx.doi.org/10.24425/jwld.2022.140380

Biru, M. K., Gadisa, C. W., Dirbaba, N. B., & Nunes, M. R. (2025). Land use changes and their impacts on soil erosion in a fragile ecosystem of the Ethiopian Highlands. *Land*, *14*(7), 1473. https://doi.org/10.3390/land14071473

Desmet, P. J. J., & Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, *51*(5), 427–433. https://doi.org/10.1080/00224561.1996.12457102

Fadl, M. E., Zekari, M., Labad, R., Faqeih, K. Y., Abou El-Fadl, D. M., Zahra, W. R., Mansour, M. M. A., Rebouh, N. Y., Kucher, D. E., & Poddubsky, A. (2025). Integrating RUSLE, AHP, GIS, and cloud-based geospatial analysis for soil erosion assessment under mediterranean conditions. *Scientific Reports*, *15*(1), 38494. https://doi.org/10.1038/s41598-025-22503-3

Getu, L. A., Nagy, A., & Addis, H. K. (2022). Soil loss estimation and severity mapping using the RUSLE model and GIS in Megech watershed, Ethiopia. *Environmental Challenges*, *8*, 100560. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100560

Gezici, K., Şengül, S., & Kesgin, E. (2025). Assessment of soil erosion risk in the mountainous region of northeastern Türkiye based on the RUSLE model and CMIP6 climate projections. *Environmental Earth Sciences*, *84*(6), 167. https://doi.org/10.1007/s12665-025-12184-6

Harliando, D. P., Setyawan, C., & Mawandha, H. G. (2023). *Spatial modeling of vegetation cover for soil erosion control based on arc GIS and the RUSLE models.* http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v12i1.14-27

Kogo, B. K., Kumar, L., & Koech, R. (2020). Impact of land use/cover changes on soil erosion in western Kenya. *Sustainability*, *12*(22), 9740. https://doi.org/10.3390/su12229740

Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V., & Bernoux, M. (2015). Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *203*, 127–139. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.01.027

Lovita, V., & Sulistyo, B. (2025). Conservation strategy based on soil erodibility with several land covers and slopes in the upstream of Air Bengkulu Watershed. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, *14*(1), 51–61. https://doi.org/10.36706/jlso.14.1.2025.731

Moore, I. D., & Burch, G. J. (1986). Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Journal*, *50*(5), 1294–1298. https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000050042x

Musakkir, M., Tjoneng, A., & Syarif, M. (2024). Menentukan Nilai Erodibilitas Tanah (K) Pada Jenis Tanah Di Sub DAS Jenelata. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*, *5*(2), 203–213. https://doi.org/10.33096/agrotekmas.v5i2.611

Negese, A., Fekadu, E., & Getnet, H. (2021). Potential soil loss estimation and erosion-prone area prioritization using RUSLE, GIS, and remote sensing in Chereti Watershed, Northeastern Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, *14*, 1178622120985814. https://doi.org/10.1177/1178622120985814

Niu, L., Hu, J., Li, P., Zhao, G., & Mu, X. (2025). The effect of vegetation restoration on erosion processes and runoff on a hillslope under simulated rainfall. *Water*, *17*(16), 2411. https://doi.org/10.3390/w17162411

Rabelo, D. R., Araújo, J. C. de, & Cavalcante, A. A. (2025). Impacts of erosion and sedimentation on reservoirs in the Seridó river basin: a hydrosedimentological assessment in the brazilian semiarid region. *RBRH*, *30*, e32. https://doi.org/10.1590/2318-0331.302520250001

Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

Taslim, R. K., Mandala, M., & Indarto, I. (2019). Pengaruh Luas Penggunaan Lahan terhadap Laju Erosi: Studi pada Beberapa DAS di Wilayah Tapal Kuda Jawa Timur (The Effect of Land Use on Erosion Rate: A Study at Several Watersheds in Tapal Kuda Region, East Java). *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, *3*(2), 141–158. https://doi.org/10.20886/jppdas.2019.3.2.141-158

Tefera, M. L., Carletti, A., Altea, L., Rizzu, M., Migheli, Q., & Seddaiu, G. (2024). Land degradation and the upper hand of sustainable agricultural intensification in sub-Saharan Africa-A systematic review. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, *125*(1), 63–83. https://doi.org/10.17170/kobra-202403129757

Utari, N. L. P. L. A., Yasa, I. W., Saadi, Y., & Pradjoko, E. (2025). Analysis of Erosion Rate and Sedimentation Rate at Batujai Dam using USLE and MUSLE Methods. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, *4*(1), 218–229. https://doi.org/10.46799/ajesh.v4i1.500

Wei, S., Zhang, K., Liu, C., Cen, Y., & Xia, J. (2024). Effects of different vegetation components on soil erosion and response to rainfall intensity under simulated rainfall. *Catena*, *235*, 107652. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107652

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning* (Issue 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration.