

TINGKAT BAHAYA EROSI BERBASIS USLE, MUSLE, DAN RUSLE DENGAN PENERAPAN SIG PADA LAHAN PERTANIAN DI PROVINSI KALIMANTAN UTARA

*Erosion Danger Levels Based on USLE, MUSLE, and RUSLE Models Using GIS Application
on Agricultural Land in North Kalimantan Province*

Deny Titing^{1*}, Eko Hary Pudjiwati², Nur Indah Mansyur³

¹⁾Prodi Magister Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan

^{2,3)}Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan

Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan Indonesia

^{1*)}denytiting@gmail.com

ABSTRAK

Erosi tanah merupakan salah satu permasalahan utama dalam pengelolaan lahan pertanian, terutama di wilayah dengan topografi kompleks seperti Provinsi Kalimantan Utara. Aktivitas pertanian yang tidak diimbangi dengan praktik konservasi tanah yang baik dapat meningkatkan risiko kehilangan lapisan tanah atas yang subur. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan tingkat bahaya erosi pada berbagai jenis tutupan lahan pertanian dengan pendekatan tiga model empiris utama: Universal Soil Loss Equation (USLE), Modified USLE (MUSLE), dan Revised USLE (RUSLE). Ketiga model ini diterapkan dengan dukungan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan distribusi spasial laju erosi secara akurat. USLE menghitung kehilangan tanah tahunan berdasarkan faktor-faktor seperti intensitas curah hujan, erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, tutupan lahan, serta praktik konservasi. MUSLE memperhitungkan volume limpasan permukaan, sementara RUSLE menyempurnakan faktor-faktor curah hujan dan penutup lahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa lahan kering pada lereng curam yang dikelola tanpa konservasi memiliki tingkat erosi tertinggi. Sebaliknya, lahan sawah dan lahan rawa menunjukkan tingkat erosi sangat rendah, terutama karena sistem irigasi dan kondisi permukaan tanah yang lebih stabil.

Kata kunci : Erosi tanah, Kalimantan Utara, konservasi tanah, MUSLE, RUSLE, SIG, USLE

ABSTRACT

Soil erosion is one of the major challenges in agricultural land management, especially in areas with complex topography such as North Kalimantan Province. Agricultural activities that are not supported by proper soil conservation practices can lead to significant loss of the fertile topsoil layer. This study aims to identify and map the level of erosion risk across various types of agricultural land cover using three main empirical models: the Universal Soil Loss Equation (USLE), the Modified USLE (MUSLE), and the Revised USLE (RUSLE). These models are applied with the support of Geographic Information Systems (GIS) to produce accurate spatial distributions of erosion rates. The USLE model estimates annual soil loss based on factors such as rainfall intensity, soil erodibility, slope length and steepness, land cover, and conservation practices. The MUSLE model incorporates surface runoff volume into its calculations, while the RUSLE model refines the rainfall and land cover factors. The analysis reveals that the highest erosion rates occur on dry agricultural lands located on steep slopes with minimal conservation measures. In contrast, paddy fields and swamp lands tend to exhibit very low erosion rates, largely due to the presence of irrigation systems and more stable soil surface conditions.

Keywords: GIS, MUSLE, North Borneo, RUSLE, soil conservation, soil erosion, USLE

PENDAHULUAN

Lahan merupakan sumber daya alam yang sangat vital dalam menunjang aktivitas kehidupan manusia di bumi. Sebagai komponen penting dalam sistem ekologi dan pembangunan, lahan memiliki berbagai fungsi dan peran sesuai dengan karakteristik fisik dan bentuk

pemanfaatannya. Lahan merupakan bagian dari bentang alam yang mencakup iklim, topografi, tanah, hidrologi, vegetasi, serta unsur-unsur yang memengaruhi penggunaan lahan (Arsyad, 1989). Penggunaan lahan sendiri didefinisikan sebagai bentuk intervensi dan pengelolaan manusia terhadap lahan, baik secara tetap

maupun berkala, untuk memenuhi kebutuhan hidup (Junaidi, 2017; Lutfi, 2007).

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia, penggunaan lahan mengalami perubahan signifikan. Perubahan tata guna lahan tanpa memperhatikan kaidah konservasi telah memicu berbagai permasalahan lingkungan, salah satunya adalah erosi tanah. Pergeseran dari vegetasi permanen seperti hutan menuju pertanian intensif menyebabkan tanah kehilangan perlindungan alami sehingga lebih mudah tererosi (Suripin, 2002). Hal ini berdampak pada penurunan produktivitas tanah, perluasan lahan kritis, serta gangguan terhadap keseimbangan ekologis daerah aliran sungai (Asdak, 1995).

Tekanan terhadap lahan juga diperparah oleh pertumbuhan penduduk yang tidak sebanding dengan ketersediaan lahan produktif. Pemanfaatan yang tidak seimbang dan tidak berkelanjutan telah menimbulkan degradasi lahan dalam bentuk erosi, banjir, longsor, dan kekeringan. Faktor-faktor seperti karakteristik tanah, tekstur, permeabilitas, kemiringan lereng, dan intensitas hujan turut berkontribusi terhadap laju erosi. Provinsi Kalimantan Utara sendiri memiliki jenis tanah dominan seperti podsolik merah kuning, latosol, dan litosol yang secara inheren rentan terhadap erosi (Mansyur, 2019; Ramdani, 2020).

Kemiringan lereng yang tajam akan meningkatkan kecepatan aliran permukaan, sehingga memperbesar potensi erosi, terlebih di lahan pertanian yang pengelolaannya tidak memperhatikan konservasi tanah (Marhendi & Iskahar, 2017; Lanyala *et al.*, 2016).

Dalam upaya untuk memahami dinamika erosi tanah secara spasial dan kuantitatif, berbagai model empiris telah dikembangkan. Di antaranya adalah metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE), *Modified USLE* (MUSLE), dan *Revised USLE* (RUSLE) yang banyak digunakan dalam studi erosi di berbagai kondisi lahan (Suripin, 2001; Zhang *et al.*, 2020). Ketiga metode tersebut mampu menghitung laju kehilangan tanah berdasarkan lima hingga enam faktor utama seperti erodibilitas tanah, curah hujan, topografi, tutupan lahan, dan praktik pengelolaan lahan.

Teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) telah menjadi alat yang sangat efektif dalam memetakan serta memvisualisasikan bahaya erosi secara spasial. Kombinasi antara metode empiris dan SIG telah banyak digunakan dalam kajian erosi modern seperti dilakukan oleh Devatha *et al.*, (2020), Rahman & Hossain (2019), serta Alao dan Adepoju (2021). Penelitian terbaru di Indonesia oleh Aldrian dan Sidiq (2023) juga menegaskan bahwa integrasi antara RUSLE dan SIG memberikan hasil prediksi erosi yang

akurat pada lahan pertanian kering. Penelitian lain oleh Fitriani *et al.*, (2019) dan Handayani *et al.*, (2018) menunjukkan bahwa laju erosi tertinggi terjadi pada lahan pertanian musiman yang mengalami pengolahan berulang dan minim tutupan vegetasi.

Berkaitan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan laju erosi tanah pada lahan pertanian di Provinsi Kalimantan Utara menggunakan metode USLE, MUSLE, dan RUSLE, mendeteksi dan memetakan tingkat bahaya erosi secara spasial dengan memanfaatkan teknologi SIG, mengidentifikasi faktor dominan penyebab erosi berdasarkan parameter-parameter dalam ketiga metode tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Provinsi Kalimantan Utara, yang secara administratif terdiri dari lima kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Nunukan, Kabupaten Malinau, Kabupaten Tana Tidung, Kabupaten Bulungan, dan Kota Tarakan. Kegiatan penelitian berlangsung selama empat bulan, terhitung sejak bulan September hingga Desember tahun 2024. Pengambilan data lapangan dilakukan dengan metode survei dan pengambilan sampel tanah pada titik-titik yang telah ditentukan secara purposif berdasarkan

variasi penggunaan lahan, kondisi topografi, dan jenis tanah.

Secara keseluruhan, terdapat 17 titik unit lahan (UL) yang menjadi lokasi pengambilan sampel, dengan penyebaran yang merepresentasikan keragaman kondisi lahan pertanian di masing-masing kabupaten/kota. Setiap titik unit lahan dikarakterisasi berdasarkan parameter-parameter fisik seperti tekstur tanah, kemiringan lereng, serta bentuk penggunaan lahan, yang kemudian digunakan dalam perhitungan laju erosi menggunakan pendekatan model USLE, MUSLE, dan RUSLE berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Data yang diperoleh dari lokasi-lokasi ini menjadi dasar dalam analisis spasial dan kuantitatif untuk mendeteksi tingkat bahaya erosi di Provinsi Kalimantan Utara.

Alat dan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder yang saling melengkapi dalam analisis laju erosi berbasis model empiris dan SIG. Data primer diperoleh secara langsung dari hasil observasi dan pengukuran di lapangan, meliputi struktur tanah, kandungan bahan organik tanah, tingkat permeabilitas tanah, serta kondisi penutupan vegetasi pada setiap unit lahan yang diteliti. Pengukuran struktur tanah dilakukan melalui identifikasi tekstur dan agregat tanah, sementara bahan organik

dianalisis dari sampel tanah yang diambil menggunakan ring sampel. Permeabilitas tanah diukur menggunakan metode infiltrasi sederhana di lapangan, dan vegetasi diamati berdasarkan jenis, kerapatan, dan tutupan kanopi.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai sumber instansi terkait, seperti Badan Informasi Geospasial (BIG), Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), serta Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan setempat. Data sekunder yang digunakan meliputi peta penggunaan lahan terkini, peta kemiringan lereng atau kontur, dan data curah hujan historis selama sepuluh tahun terakhir (2014–2023). Data curah hujan tersebut digunakan untuk menghitung faktor erosivitas hujan (R) dalam model USLE, MUSLE, dan RUSLE.

Untuk menunjang proses pengumpulan dan pengolahan data, penelitian ini menggunakan beberapa alat bantu, di antaranya *Global Positioning System* (GPS) untuk menentukan koordinat lokasi pengambilan sampel secara presisi, cangkul untuk penggalian tanah pada lokasi sampling, ring sampel untuk mengambil sampel tanah secara representatif, dan perangkat lunak ArcGIS versi terbaru untuk digitalisasi peta, analisis spasial, pengolahan data geospasial, serta visualisasi sebaran tingkat erosi di wilayah penelitian.

Kombinasi antara data primer dan sekunder yang dikumpulkan ini memungkinkan proses perhitungan laju erosi secara kuantitatif menggunakan pendekatan model USLE, MUSLE, dan RUSLE, serta pemetaan spasial dengan dukungan teknologi SIG guna memberikan gambaran yang komprehensif mengenai tingkat bahaya erosi pada lahan pertanian di Provinsi Kalimantan Utara.

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan menghitung besarnya laju erosi aktual yang terjadi pada setiap unit lahan di lokasi penelitian menggunakan tiga model empiris yang telah banyak digunakan dalam studi erosi tanah, yaitu USLE, MUSLE, dan RUSLE. Ketiga model ini memiliki rumusan matematis yang mengintegrasikan berbagai faktor penyebab erosi, seperti intensitas hujan, karakteristik tanah, topografi, penggunaan lahan, dan tindakan konservasi yang diterapkan.

1. Model USLE

Model USLE yang digunakan untuk menghitung erosi rata-rata tahunan dirumuskan oleh Wischmeier & Smith (1960) sebagai berikut:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

A = laju erosi tanah (ton/ha/tahun)

R = faktor erosivitas hujan (indeks hujan)

K = faktor erodibilitas tanah

LS = faktor panjang dan kemiringan lereng

C = faktor penutup lahan dan pengelolaan tanaman

P = faktor tindakan konservasi tanah

2. Model MUSLE

Model MUSLE merupakan pengembangan dari USLE yang dilakukan oleh Williams (1975) guna mengakomodasi variabel hidrologi dan sangat berguna dalam estimasi erosi per kejadian hujan. Rumusnya adalah:

$$Y = 11.8(Q \times Q_p)^{0.56} \times K \times LS \times C \times P \dots (2)$$

Dimana:

Y = erosi tanah per kejadian hujan (ton)

Q = volume limpasan permukaan (mm)

Q_p = debit puncak limpasan (m³/s)

Faktor-faktor lainnya sama dengan yang digunakan dalam USLE. Pendekatan ini memungkinkan estimasi erosi jangka pendek dengan mempertimbangkan respons hidrologi dari suatu catchment atau unit lahan terhadap hujan.

3. Model RUSLE

Renard *et al.*, (1997) menyampaikan bahwa RUSLE adalah versi revisi dari USLE yang memberikan fleksibilitas dalam perhitungan faktor-faktor model berdasarkan data lokal atau spesifik wilayah. Rumusnya:

$$A = R_i \times K \times LS \times C \times P \dots (3)$$

Dimana:

R_i = faktor erosivitas hujan yang diperbarui

Faktor lainnya memiliki definisi yang sama seperti pada USLE dan MUSLE

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendugaan Erosi Berdasarkan USLE

Pendugaan erosi aktual dilakukan dengan menggunakan persamaan USLE. Erosi aktual tanah menunjukkan potensi terjadinya erosi akibat penyebab erosi tetap (erosivitas hujan, erodibilitas tanah, dan kelerengan) dan penyebab lainnya yaitu faktor pengelolaan tanaman (C) dan teknik konservasi tanah (P) (Pasaribu *et al.*, 2018). Berdasarkan kompilasi nilai faktor erosi pada metode USLE, maka diperoleh nilai erosi pada setiap unit lahan, disajikan pada Tabel 1.

Pendugaan Erosi Berdasarkan MUSLE

Aliran permukaan (limpasan) merupakan bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah dan mengangkut partikel-partikel tanah menuju sungai, danau, dan lautan (Lihawa, 2017). Sifat limpasan seperti jumlah atau volume, laju atau kecepatan, dan gejolak limpasan menentukan kemampuannya dalam menimbulkan erosi. Besaran limpasan dinyatakan dalam satuan mm (Resmani *et al.*, 2017). Limpasan terjadi karena intensitas hujan yang jatuh di suatu daerah melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi

cekungan-cekungan pada permukaan tanah.
Dari hasil analisis, diperoleh nilai untuk Qp dan Q limpasan pada tabel 2.

Berdasarkan hasil analisis untuk nilai Qp dan Q limpasan tertinggi pada

tutupan lahan pertanian lahan kering campuran sebesar 5.484.980,89 dan nilai terendah yaitu pada tutupan lahan rawa sebesar 2.159.897,27.

Tabel 1. Nilai faktor erosi dan besarnya erosi berdasarkan metode USLE

Unit Lahan	Tutupan Lahan	R	K	LS	CP	A	Tingkat Erosi *)
UL1	Pertanian lahan kering	2561,56	0,193	0,40	0,28	55,37	R
UL2	Pertanian lahan kering campur	2561,56	0,193	1,40	0,19	131,51	S
UL3	Rawa	2561,56	0,193	0,40	0,01	1,98	SR
UL4	Pertanian lahan kering campur	1924,68	0,284	3,10	0,19	321,95	B
UL5	Pertanian lahan kering campur	1863,70	0,116	3,10	0,19	127,34	S
UL6	Pertanian lahan kering campur	1647,70	0,116	1,40	0,19	50,84	R
UL7	Pertanian lahan kering	1647,70	0,116	3,10	0,28	165,90	S
UL8	Sawah	1647,70	0,461	0,40	0,01	3,04	SR
UL9	Rawa	1647,70	0,193	0,40	0,01	1,27	SR
UL10	Rawa	1863,70	0,061	0,40	0,01	0,45	SR
UL11	Sawah	1924,68	0,227	0,40	0,01	1,75	SR
UL12	Pertanian lahan kering	1924,68	0,276	3,10	0,28	461,09	B
UL13	Pertanian lahan kering campur	1863,70	0,193	6,80	0,19	464,73	B
UL14	Pertanian lahan kering campur	1647,70	0,193	3,10	0,19	187,31	B
UL15	Sawah	1647,70	0,486	0,40	0,01	3,20	SR
UL16	Pertanian lahan kering	1863,70	0,275	1,40	0,28	200,91	B
UL17	Sawah	1863,70	0,061	0,40	0,01	0,45	SR

Sumber: Hasil Analisis data penelitian (2024)

Keterangan *): SR (Sangat Ringan); R (Ringan); S (Sedang); B (Berat); SB (Sangat Berat)

Tabel 2. Nilai debit puncak (Qp) dan volume limpasan (Q) pada tutupan lahan penelitian

Unit Lahan	Tutupan Lahan	Qp	Q	P tertimbang	Sedimentasi
UL1	Pertanian lahan kering	1.057,31	3.452.456,08	0,04	95.539,72
UL2	Pertanian lahan kering campur	3.093,58	5.484.980,89	0,02	157.743,91
UL3	Rawa	455,92	2.159.897,27	0,01	18.007,89
UL4	Pertanian lahan kering campur	3.093,58	5.484.980,89	0,02	157.743,91
UL5	Pertanian lahan kering campur	3.093,58	5.484.980,89	0,02	157.743,91
UL6	Pertanian lahan kering campur	3.093,58	5.484.980,89	0,02	157.743,91
UL7	Pertanian lahan kering	1.057,31	3.452.456,08	0,04	95.539,72
UL8	Sawah	1.138,34	4.793.677,64	0,01	19.144,99
UL9	Rawa	455,92	2.159.897,27	0,01	18.007,89
UL10	Rawa	455,92	2.159.897,27	0,01	18.007,89
UL11	Sawah	1.138,34	4.793.677,64	0,01	19.144,99
UL12	Pertanian lahan kering	1.057,31	3.452.456,08	0,04	95.539,72

Tabel 2. Nilai debit puncak (Qp) dan volume limpasan (Q) pada tutupan lahan penelitian (lanjutan)

UL13	Pertanian lahan kering campur	3.093,58	5.484.980,89	0,02	157.743,91
UL14	Pertanian lahan kering campur	3.093,58	5.484.980,89	0,02	157.743,91
UL15	Sawah	1.138,34	4.793.677,64	0,01	19.144,99
UL16	Pertanian lahan kering	1.057,31	3.452.456,08	0,04	95.539,72
UL17	Sawah	1.138,34	4.793.677,64	0,01	19.144,99

Sumber: Hasil Analisis data penelitian (2024)

Keterangan *): Qp (Debit Puncak), Q (Limpasan)

Tabel 3. Nilai faktor erosi dan besarnya erosi berdasarkan metode MUSLE

Unit Lahan	Tutupan Lahan	R	K	LS	CP	A	Tingkat Erosi*
UL1	Pertanian lahan kering	5,772	0,193	0,40	0,28	65.52	S
UL2	Pertanian lahan kering campur	6,846	0,193	1,40	0,19	230.42	B
UL3	Rawa	3,982	0,193	0,40	0,01	45.22	R
UL4	Pertanian lahan kering campur	6,846	0,284	3,10	0,19	230.42	B
UL5	Pertanian lahan kering campur	6,846	0,116	3,10	0,19	230.42	B
UL6	Pertanian lahan kering campur	6,846	0,116	1,40	0,19	230.42	B
UL7	Pertanian lahan kering	5,772	0,116	3,10	0,28	165.52	S
UL8	Sawah	3,982	0,461	0,40	0,01	48.07	R
UL9	Rawa	3,982	0,193	0,40	0,01	45.22	R
UL10	Rawa	3,982	0,061	0,40	0,01	45.22	R
UL11	Sawah	3,982	0,227	0,40	0,01	48.07	R
UL12	Pertanian lahan kering	5,772	0,276	3,10	0,28	165.52	S
UL13	Pertanian lahan kering campur	6,846	0,193	6,8	0,19	230.42	B
UL14	Pertanian lahan kering campur	6,846	0,193	3,1	0,19	230.42	B
UL15	Sawah	3,982	0,486	0,4	0,01	48.07	R
UL16	Pertanian lahan kering	5,772	0,275	1,4	0,28	65.52	S
UL17	Sawah	3,982	0,061	0,4	0,01	48.07	R

Sumber: Hasil Analisis data penelitian (2024)

Keterangan *): SR (Sangat Ringan); R (Ringan); S (Sedang); B (Berat); SB (Sangat Berat)

Pendugaan Erosi Berdasarkan RUSLE

RUSLE adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi kehilangan tanah tahunan rata-rata dalam kurun waktu yang lama terbawa oleh air limpasan dari kemiringan lereng lahan tertentu dalam sistem penanaman dan pengelolaan tertentu dan juga dari luas area. Penggunaan yang tersebar luas telah membuktikan kegunaan dan validitas RUSLE untuk tujuan erosi. Ini

juga berlaku untuk kondisi nonpertanian seperti situs konstruksi/bangunan. Nilai faktor erosivitas tanah disajikan pada Tabel 4.

Nilai erosivitas tanah pada masing-masing unit lahan terdapat pada Tabel 4., dimana nilai tertinggi berada pada UL9. Secara keseluruhan jumlah erosivitas tanah sebesar 2091,16 MJ.mm.jam⁻¹.

Tabel 4. Nilai faktor erosivitas tanah pada unit lahan

Unit Lahan	CH*	I*	E*	EI*
UL1	350	48,20	55,902	269,42
UL2	153	21,06	15,972	33,64
UL3	161	22,21	17,424	38,70
UL4	339	46,70	52,998	247,49
UL5	435	59,98	84,942	509,49
UL6	153	21,11	15,972	33,72
UL7	164	22,55	17,424	39,29
UL8	217	29,82	26,136	77,95
UL9	465	64,09	97,284	623,50
UL10	86	11,89	7,986	9,49
UL11	150	20,60	15,972	32,91
UL12	158	21,83	16,698	36,45
UL13	195	26,91	22,506	60,56
UL14	54	7,43	4,356	3,24
UL15	40	5,50	3,63	2,00
UL16	43	5,99	3,63	2,17
UL17	209	28,82	24,684	71,15
Jumlah Ri (MJ.mm.jam ⁻¹)				2091,16

Sumber: Hasil Analisis data penelitian (2024)

Keterangan *): CH (Curah Hujan), I (Intensitas Curah Hujan), E (Erodibilitas tanah), EI (Erosivitas Hujan)

Tabel 5. Nilai faktor erosi dan besarnya erosi berdasarkan metode RUSLE

Unit Lahan	Tutupan Lahan	Ri	K	LS	CP	A	Tingkat Erosi*
UL1	Pertanian lahan kering	2091,16	0,193	0,40	0,28	45,20	R
UL2	Pertanian lahan kering campur	2091,16	0,193	1,40	0,19	107,36	S
UL3	Rawa	2091,16	0,193	0,40	0,01	1,61	SR
UL4	Pertanian lahan kering campur	2091,16	0,284	3,10	0,19	349,80	B
UL5	Pertanian lahan kering campur	2091,16	0,116	3,10	0,19	142,88	S
UL6	Pertanian lahan kering campur	2091,16	0,116	1,40	0,19	64,52	S
UL7	Pertanian lahan kering	2091,16	0,116	3,10	0,28	210,55	B
UL8	Sawah	2091,16	0,461	0,40	0,01	3,86	SR
UL9	Rawa	2091,16	0,193	0,40	0,01	1,61	SR
UL10	Rawa	2091,16	0,061	0,40	0,01	0,51	SR
UL11	Sawah	2091,16	0,227	0,40	0,01	1,90	SR
UL12	Pertanian lahan kering	2091,16	0,276	3,10	0,28	500,97	SB
UL13	Pertanian lahan kering campur	2091,16	0,193	6,80	0,19	521,44	SB
UL14	Pertanian lahan kering campur	2091,16	0,193	3,10	0,19	237,72	B
UL15	Sawah	2091,16	0,486	0,40	0,01	4,07	R
UL16	Pertanian lahan kering	2091,16	0,275	1,40	0,28	225,43	B
UL17	Sawah	2091,16	0,061	0,40	0,01	0,51	SR

Sumber: Hasil Analisis data penelitian (2024)

Keterangan *): SR (Sangat Ringan); R (Ringan); S (Sedang); B (Berat); SB (Sangat Berat)

Analisis tingkat erosi aktual di Provinsi Kalimantan Utara, menggunakan metode USLE, MUSLE, dan RUSLE,

mengungkap bahwa tutupan lahan memiliki tingkat erosi bervariasi mulai sangat ringan hingga sangat berat. Erosi rendah biasanya

tampak pada sawah dan daerah rawa karena adanya tutupan vegetasi air, kesuburan alami, dan sistem hidrologi yang stabil.

Pada lahan pertanian kering campuran yang bercampur antara tanaman yang tidak menutup tanah sempurna nilai faktor CP (pengaruh vegetasi dan konservasi) relatif rendah. Hal ini disebabkan oleh keberadaan tajuk dan serasah hutan di masa lalu, yang menahan dampak hujan, menurunkan kecepatan aliran permukaan, serta meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah (Salim *et al.*, 2019). Struktur vegetasi berlapis dan lapisan serasah efektif melindungi agregat tanah dari hancuran langsung oleh air hujan, menjaga porositas tanah dan mencegah peningkatan limpasan permukaan (Suprayogi *et al.*, 2024).

Sebaliknya, kondisi erosi sangat berat ditemukan di lahan pertanian kering dengan kemiringan $> 40\%$, sedangkan erosi berat teridentifikasi pada lahan serupa dengan kemiringan antara $8\text{--}15\%$ dan $25\text{--}40\%$. Semua area ini menunjukkan tingkat erodibilitas tanah yang tinggi, yang berarti tanah mudah tergerus oleh hujan karena ikatan agregatnya lemah dan tahanan struktural rendah.

Selain itu, nilai CP yang tinggi pada beberapa lahan menunjukkan bahwa upaya konservasi belum optimal. Kurangnya tutupan vegetasi dan praktik konservasi menyebabkan butir hujan langsung

menghantam permukaan tanah, memecah agregat dan memperbesar energi kinetik dampak air hujan. Hal ini mempercepat pembentukan aliran permukaan, terlebih di lahan perbukitan atau miring (Lanyala *et al.*, 2016).

Pada lahan kering campuran dan sawah/ rawa, meskipun ada vegetasi, perakaran yang dangkal membuat kemampuan infiltrasi terbatas, sehingga limpasan permukaan meningkat. Praktik rotasi tanaman yang intensif dan pengolahan tanah berulang di lahan kering campuran menyebabkan struktur tanah rusak, saltasi agregat meningkat, dan pembentukan lapisan padatan di permukaan tanah yang menghambat infiltrasi (Lanyala *et al.*, 2016). Tanah bertekstur lempung berdebu, lempung liat berpasir, atau pasir berlempung memiliki permeabilitas rendah, apa lagi setelah pengolahan intensif yang mendukung pembentukan limpasan.

Kondisi terburuk ditemukan di area lereng curam tanpa struktur kontrol konservasi. Kemiringan tinggi mengurangi kedalaman infiltrasi, meningkatkan aliran permukaan dan kecepatannya, serta memperbesar energi pengangkut. Kombinasi kemiringan panjang dan sudut lereng mendorong peningkatan risiko erosi, terutama pada lahan pertanian miring, dan mempercepat degradasi tanah.

Analisa menunjukkan variasi erosi yang luas tergantung topografi, vegetasi,

dan kuratif konservasi. Tutupan vegetasi dan mekanisme alami hutan sangat efektif mencegah erosi, namun pada lahan terdegradasi seperti pertanian kering, tingginya kemiringan dan kurangnya perlindungan menyebabkan erosi berat hingga sangat berat. Praktik konservasi dan tutupan tanaman menjadi sangat penting untuk menjaga stabilitas tanah, terutama di daerah miring.

KESIMPULAN

Analisis laju erosi dan tingkat bahaya erosi pada lahan pertanian di Provinsi Kalimantan Utara dilakukan menggunakan tiga model empiris, yaitu USLE, MUSLE, dan RUSLE. Hasilnya menunjukkan variasi tingkat erosi berdasarkan jenis tutupan lahan dan metode yang digunakan:

1. USLE: Laju erosi aktual berkisar dari sangat ringan hingga sangat berat. Erosi sangat ringan (0,45–3,20 ton/ha/tahun) terjadi pada lahan sawah dan rawa. Erosi ringan hingga sedang (50,84–165,90 ton/ha/tahun) ditemukan pada pertanian lahan kering dan campuran, sementara erosi berat hingga sangat berat (187,31–464,73 ton/ha/tahun) terjadi pada tutupan lahan pertanian lahan kering dan campuran dengan kemiringan lereng lebih tinggi.
2. MUSLE: Laju erosi tergolong ringan hingga berat. Erosi ringan (45,22–48,07 ton/ha/tahun) terjadi pada sawah dan

rawa, erosi sedang hingga berat (65,52–230,42 ton/ha/tahun) terjadi pada pertanian lahan kering dan campuran.

3. RUSLE: Laju erosi juga bervariasi dari sangat ringan hingga sangat berat. Erosi sangat ringan (0,51–3,86 ton/ha/tahun) terdapat pada lahan sawah dan rawa, ringan hingga sedang (4,07–142,88 ton/ha/tahun) pada pertanian lahan kering dan campuran, serta berat hingga sangat berat (210,55–521,44 ton/ha/tahun) pada lahan pertanian lahan kering dan campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Alao, A.A., & Adepoju, K.A. (2021). Application of RUSLE model and GIS for soil erosion risk assessment in a tropical watershed. *Environmental Challenges*, 5, 100266.
- Aldrian, R., & Sidiq, M. (2023). Soil erosion assessment using RUSLE and GIS in dryland agricultural areas in Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, 55(1), 45–56.
- Arsyad, S. (1989). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor.
- Asdak, C. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Devatha, C.P., Deshpande, V., & Patil, A. (2020). Estimation of soil erosion risk using RUSLE model using remote sensing and GIS: A case study. *Heliyon*, 6(3), e03087.
- Fitriani, N., Siregar, A.M., & Rahim, S.E. (2019). Pengaruh penggunaan lahan terhadap erosi di DAS Sub Cianten. *Jurnal Geografi*, 11(1), 11–20.
- Handayani, L., Suryani, I., & Sari, Y. (2018). Evaluasi tingkat erosi pada berbagai penggunaan lahan menggunakan RUSLE. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 20(2), 95–102.

- Junaidi, A. (2017). *Penggunaan Lahan dan Konservasi Sumber Daya Lahan*. Penebar Media. Jakarta.
- Lanyala, A., Hasanah, U., & Ramlan, A. (2016). Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap potensi erosi. *Jurnal Sains Tanah dan Agroklimat*, 13(1), 33–42.
- Lihawa, F. (2017). *Daerah Aliran Sungai Alo Erosi, Sedimentasi dan Longsoran*. Deepublish. Yogyakarta.
- Lutfi, R. A. (2007). *Tata Guna Lahan dan Perencanaan Wilayah*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Mansyur, H. (2019). Pengaruh tekstur dan permeabilitas tanah terhadap tingkat erosi di lahan pertanian. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 7(1), 15–22.
- Marhendi, D., & Iskahar, R. (2017). Pengaruh kemiringan lereng terhadap tingkat erosi pada lahan pertanian. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(2), 45–54.
- Pasaribu, P.H.P., Rauf, A., & Slamet, B. (2018). Kajian tingkat bahaya erosi pada berbagai tipe penggunaan lahan di Kecamatan Merdeka Kabupaten Karo. *Jurnal Serambi Engineering*, 3(1), 279–284.
- Rahman, M.M., & Hossain, M.L. (2019). Application of RUSLE model using GIS and remote sensing techniques to estimate soil loss for soil conservation planning in Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(2), 1–15.
- Ramdani, R. (2020). Klasifikasi lereng dan potensi erosi di Kalimantan Utara. *Jurnal Tanah Tropika*, 25(1), 23–30.
- 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 No. 703)*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Washington DC.
- Resmani, E., Andawayanti, U., & Cahya, E.N. (2017). Analisa kapasitas tampung saluran drainase akibat pengaruh limpasan permukaan Kecamatan Kota Sumenep. *Jurnal Teknik Pengairan*, 8(2), 214–221.
- Salim, A.G., Dharmawan, I.W.S., & Narendra, B.H. (2019). Pengaruh luas tutupan lahan hutan terhadap karakteristik hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 333–340.
- Suprayogi, S., Purnama, L.S., & Darmanto, D. (2024). *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press. Yogyakarta.
- Suripin. (2001). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Suripin. (2002). *Erosi dan Konservasi Tanah*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Williams, J.R. (1975). Sediment yield prediction with universal equation using runoff energy. *Journal of the Hydraulics Division*, 101(HY7), 1107–1115.
- Wischmeier, W.H., & Smith, D.D. (1960). A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. *Transactions of the 7th International Congress of Soil Science*, 418–425.
- Zhang, G.H., Liu, B.Y., Zhang, X.C., & Nearing, M.A. (2020). Erosion modeling using USLE, RUSLE, and MUSLE under different cropping systems in China. *Soil & Tillage Research*, 199, 104577.