

INTEGRASI SIG DENGAN USLE DALAM PENILAIAN EROSI DI DAS WAIRUTUNG

Integration of GIS with USLE in Erosion Assessment in the Wairutung Watershed

Mohammad A. Lasaiba^{1*}, Ferdinand S. Leuwol¹, Wiclift S. Pinoa¹, Irvan Lasaiba²,
Roberth B. Riry¹, Syawal Sandia¹

¹Program Studi Pendidikan Geografi FKIP Universitas Pattimura Ambon

²Jurusan Biologi Fakultas FITK IAIN Ambon

*Penulis korespondensi: Lasaiba.dr@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat bahaya erosi di Daerah Aliran Sungai Wairutung. Satuan lahan merupakan satuan analisis dalam penelitian ini yang dihasilkan dari hasil overlay peta penggunaan lahan, peta kemiringan lereng dan peta jenis tanah yang selanjutnya ditentukan kelas kerawannya berdasarkan penjumlahan hasil pengharkatan dari parameter dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) berbasis komputer dengan program ArcGis yang diintegrasikan dengan model *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan pembagian dari 4 kelas kerawanan bahaya longsor lahan yang terdiri kelas sangat ringan dengan luas sebesar 2.900,865 ha yang tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah alluvial. Untuk tipe sedang dengan total luas keseluruhan 3.683,285 ha dan keseluruhan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah Podsolik, Tipe berat dengan total luas keseluruhan 1.458,367 ha dan keseluruhan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah Podsolik dan Litosol. Tingkat bahaya erosi pada tipe sangat berat dengan total luas keseluruhan 421,97 ha dan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah Podsolik dan Litosol

Kata Kunci: erosi, kerawanan, USLE

Abstract

This study aimed to assess the erosion hazard level in the Wairutung Watershed. The land unit in this study was generated from the overlaying land use maps, slope maps, and soil types maps. The class of vulnerability was determined based on the sum of the parameters' rating results using a computer-based Geographic Information System (GIS) with the ArcGIS program, which was integrated with the Universal Soil Loss Equation (USLE) model. The results indicated the division of 4 classes of landslide hazards consisting of a very light class with an area of 2,900.865 ha spread over land units with alluvial soil types. The medium type, with a total area of 3,683.285 ha, is spread over land units with podzolic soil types. Heavy type with a total area of 1,458.367 ha and the whole area is spread over land units with Podzolic and Litosol soil types. The erosion hazard level is very heavy, with a total area of 421.97 ha and is spread over land units with Podzolic and Litosol soil types.

Keywords: erosion, vulnerability, USLE

Pendahuluan

Kehilangan tanah akibat erosi merupakan masalah global dan telah menyebabkan degradasi lahan yang terus meningkat secara signifikan (Sartori *et al.*, 2019). Berkurangnya hasil produksi tanaman,

menurunnya kualitas dari air permukaan, dan berubahnya saluran drainase dapat menjadi konsekuensi hilangnya tanah dari lahan pertanian (Kumarsinghe, 2021). Menurut perkiraan, erosi tanah terjadi pada rata-rata 12 sampai 15 hektar per

tahun, yang berarti kehilangan tanah tahunan pada permukaan tanah sebesar 0,90 sampai 0,95 mm (FAO, 2015; Pham *et al.*, 2018). Kehilangan tanah ini semakin intensif karena kondisi iklim dan penggunaan lahan yang berbeda, (García *et al.*, 2021), berkurangnya produktivitas tanah (Singh dan Panda, 2017; Benavtdez *et al.*, 2018), dan degradasi ekosistem pada dataran tinggi dan pegunungan (Dinh *et al.*, 2021). Erosi yang terus meningkat tersebut telah menimbulkan masalah yang berdampak terhadap mata pencaharian dan produksi pangan (Danasekara, 2022).

Proses hilangnya tanah atau potongan tanah dari satu lokasi dan memindahkannya ke lokasi lain oleh angin atau air dikenal sebagai erosi. (Arsyad, 2010; Sitepu *et al.*, 2017). Erosi sebagai akibat ulah manusia baik dalam kegiatan pertanian intensif maupun ekstensif (Labrière *et al.*, 2015), erosi juga disebabkan oleh pengelolaan lahan yang tidak tepat (Hariati *et al.*, 2022), dan tidak tersedianya tanaman penutup (Andriyani *et al.*, 2019). Selain itu aktivitas penggunaan lahan yang kurang sesuai berdasarkan kemampuan lahan dan daya dukung lahan menyebabkan erosi berlangsung secara pesat (Eisenberg dan Muvundja, 2020). Erosi juga terjadi akibat dari perubahan kawasan hutan yang dialihfungsikan ke pertanian, serta kerusakan lingkungan biofisik. Selain itu, hal ini menyebabkan sungai menjadi lebih dangkal, yang meningkatkan frekuensi banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau (Arsyad, 2010; Sitepu *et al.*, 2017).

Secara umum erosi berarti perpindahan lapisan atas tanah yang menyebabkan hilangnya lapisan atas tanah oleh aktivitas dinamis dari agen erosi seperti air, es, salju, udara, tumbuhan, hewan, dan lain lain (Nasir Ahmad *et al.*, 2020). Proses yang rumit dan dinamis yang melibatkan retensi, transportasi, dan pengendapan material tanah dapat digunakan untuk menggambarkan erosi. Erosi alami dan erosi yang dipercepat adalah dua kategori erosi (Labrière *et al.*, 2015). Hujan, angin, limpasan permukaan, jenis tanah, kemiringan lereng, tutupan lahan, dan upaya konservasi merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi erosi. Elemen-elemen ini, yang bersama-sama mempengaruhi erosi dan tidak dapat dipisahkan yang bekerja secara bersamaan (Morgan dan Rickson, 2005; Putra *et al.*, 2018). Faktor iklim, jenis tanah, struktur tanah, vegetasi, permukaan tanaman, dan pengelolaan lahan merupakan elemen lain yang berdampak pada erosi. Geomorfologi, geologi, kondisi hidroklimatik, dan kegiatan manusia merupakan faktor selanjutnya (Keesstra *et al.*, 2016).

Deskripsi yang akurat dari permukaan bumi sangat penting untuk memodelkan erosi tanah, dan analisis tingkat bahaya erosi yang penting untuk menentukan dan memprediksi hilangnya agregat tanah (Efthimiou *et al.*, 2017) serta untuk mengklasifikasikan bahaya erosi dan tingkat resiko yang diakibatkan oleh erosi, baik pada skala global, nasional dan lokal (Terranova *et al.*, 2009; da Silva *et al.*, 2011; Efthimiou *et al.*, 2017). Berbagai model telah dikembangkan untuk mengkaji erosi yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan dan dianalisis secara statistik. Salah satu model tersebut yaitu model Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier dan Smith, 1978; Fiener *et al.*, 2020). Di antara faktor-faktor USLE, faktor pengelolaan tutupan (C-faktor) merupakan faktor yang paling penting mengenai sensitivitas kehilangan tanah yang dihitung dan faktor kunci dalam pengendalian erosi tanah. Erosivitas dari presipitasi (R), erodibilitas (K), dan faktor lereng dan panjang lereng (LS) (Prasuhn, 2022).

Integrasi penginderaan jauh dengan Sistem Informasi Geografis (GIS) dan USLE, telah banyak dibahas oleh peneliti yang dapat mengkarakterisasi erosi tanah di daerah yang luas. (El Jazouli *et al.*, 2017), penghitungan kehilangan agregat tanah (Devatha *et al.*, 2015), mengklasifikasikan tingkat bahaya erosi. (Prayitno *et al.*, 2015), serta memetakan informasi untuk memperkirakan kehilangan tanah (Maizuar, 2010). Penggunaan model USLE yang terintegrasi dengan GIS, dapat mempresentasikan dengan hasil menggunakan peta tematik dalam format dan skala yang berbeda (Životić *et al.*, 2012).

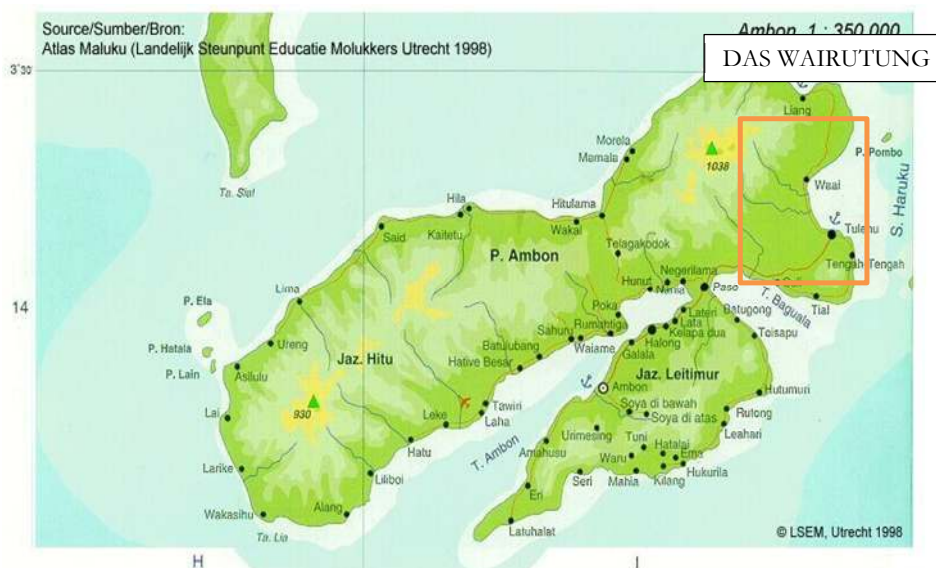
Daerah Aliran Sungai merupakan wilayah tangkapan air yang memiliki kekuatan untuk mengontrol proses pengelolaan air. Salah satu faktor penyebab kerusakan DAS adalah meningkatnya penggunaan sumber daya alam dan pertumbuhan penduduk. Ada kurang lebih 62 DAS dalam situasi kritis dan sangat parah dari 458 DAS di Indonesia yang memprihatinkan. Kondisi ini disebabkan oleh aktivitas manusia dan erosi medan yang memburuk (Paimin dan Pramono, 2009; Utama, 2022). Di Pulau Ambon bagian Timur yang secara geografis merupakan bagian dari Kabupaten Maluku Tengah yang terdapat DAS Wairutung. DAS Wairutung terletak pada kemiringan antara 5-15%, dengan kebun campuran dan lahan pertanian kering yang merupakan sebagian besar tutupan lahan. DAS Wairutung telah mengalami banyak perubahan lingkungan, terutama di daerah hulu dimana penggunaan lahan telah berubah, yang menyebabkan erosi yang signifikan yang

berdampak negatif pada kapasitas sungai untuk menanganai aliran air, terutama pada musim hujan. Selain itu, DAS Wairutung mengalami curah hujan yang sangat tinggi berkisar 187,77 mm serta berpotensi menimbulkan erosi dan sedimentasi di bagian hilir sungai.

Bahan dan Metode

Secara astronomis DAS Wairutung terletak pada koordinat 3°34'32,6" LS-128°16'2,9" BT, dengan panjang 7,43 km dari hulu ke hilir. Lokasi penelitian merupakan DAS yang terletak di sebelah Timur Pulau Ambon dan berada di Kecamatan Salahutu

dan meliputi dua desa yaitu Desa Tulehu dan Desa Wai. dengan batas wilayah yaitu di Utara dan Barat dengan Kecamatan Leihitu, Selatan dengan Kota Ambon, Timur dengan Laut Seram (Gambar 1). Metode USLE diterapkan dalam penelitian ini diadopsi dari Wischmeier dan Smith (1978). Metode ini digunakan untuk mengkaji tingkat kerentanan erosi jangka panjang yang terjadi di suatu daerah. Selanjutnya, diintegrasikan dengan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG), dalam menilai tingkat kerawanan erosi secara spasial yang diperoleh dari hasil *overlay* peta jenis tanah, peta lereng, dan peta penggunaan lahan dalam bentuk database satuan lahan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode USLE yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978) untuk tingkat kerawanan erosi dalam jangka panjang pada suatu wilayah dengan menggunakan pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG), khususnya untuk memprediksi tingkat kerawanan erosi secara spasial yang diperoleh dari hasil overlay data fitur dalam format *shapefile* (SHP) untuk jenis tanah, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan berupa database satuan lahan untuk identifikasi sampel lokasi penelitian.

Dalam penelitian ini, bahan dan alat terdiri atas Citra Landsat 2022; data curah hujan (2013-2022), Digital Elevation Model (DEM) untuk mengekstraksi Peta Kemiringan Lereng, Peta tanah; Peta Penggunaan lahan, Peta administrasi dan Peta

RBI. Sementara alat yang digunakan yaitu kompas geologi, kamera digital, GPS Handheld Garmin, alat tulis lapangan dan perangkat lunak (*software*), antara lain adalah Ms. Excel, ArcGIS 9.3, Er mapper dan Global Mapper dan untuk mengumpulkan data yang relevan untuk menganalisis bahaya banjir dan risiko dilakukan dengan pengamatan lapangan dan reuviu dokumen.

Pengumpulan data diperoleh dari Bappeda Kota, Dinas Pekerjaan Umum, Badan Meteorologi dan Klimatologi, dan Pemkot Kota Ambon, BPS Kota, Citra Landsat dari *website of* www.glovis.USGS.gov. dan data DEM dari *website of* www.tanahair.indonesia.go.id/demnas. Selanjutnya data yang telah diperoleh, dianalisis dengan pembobotan, skoring dan tumpang tindih. Pengumpulan data melalui pengamatan lapangan

dan dokumentasi. Pengamatan ini sekaligus menginterpretasikan berbagai kenampakan penggunaan lahan untuk mengoreksi peta hasil. Dokumentasi digunakan untuk menangkap berbagai kenampakan visual di lapangan untuk disajikan dalam penelitian. Analisis data dilakukan untuk mengkaji parameter yang mencakup; faktor curah hujan rata-rata wilayah dari stasiun BMKG Maluku Tengah di Kabupaten Maluku Tengah dari tahun 2013 hingga 2022. Nilai erosivitas kemudian ditentukan dengan menganalisis data curah hujan dan menggunakan persamaan erosivitas (R). Persamaan Bols digunakan untuk menghitung faktor R (Teh, 2011).

$$R = \frac{2.5p^2}{100 (0,073p+0,73)}$$

Keterangan:

- R : Rata-rata indeks erosivitas tahunan
- P : Rata-rata curah hujan tahunan

Faktor nilai K (*Soil Erodibility Index*) dihitung dengan menginterpretasikan peta jenis tanah. Untuk setiap jenis tanah, nilai faktor K dihitung dengan menggunakan nilai K. Nilai K faktor lapisan K kemudian dimasukkan sebagai tabel atribut. Selain itu, dengan menggunakan perangkat lunak GIS, peta atau faktor lapisan K diperluas menjadi raster. Untuk menentukan nilai faktor LS, kemiringan dan panjang lereng dikumpulkan dari data model elevasi digital (Pham *et al.*, 2018).

$$LS = \frac{(FA \times Cellsize^{0.4} \times \sin slope^{1.3})}{22.12 \times 0.0296}$$

Keterangan:

- LS : Panjang lereng dan kemiringan lereng
- FA : akumulasi dari aliran
- Cellsize : ukuran dari piksel
- Slope : kemiringan lereng (°)

Untuk menentukan faktor penggunaan lahan digunakan peta RBI digital. Selain itu, kriteria pada setiap jenis penggunaan lahan digunakan untuk menetapkan nilai CP, Nilai ini kemudian diubah menjadi raster, dan nilai CP dimasukkan sebagai tabel atribut. Faktor tanaman dan pengelolaannya ditentukan berdasarkan pengamatan. Hasilnya kemudian dilakukan perhitungan laju erosi menggunakan persamaan Wischmeier dan Smith (1978) sebagai berikut:

$$A = R \times K \times L \times S \times CP$$

Keterangan:

- A : Jumlah tanah yang hilang
- R : Erosivitas
- K : Erodibilitas
- LS : Panjang dan kemiringan lereng
- CP : Pengelolaan tanaman (vegetasi)/ penutupan lahan.

Hasil dan Pembahasan

Faktor erosivitas

Erosivitas hujan DAS Wairutung, meliputi curah hujan, hari hujan dan curah hujan maksimum 24 jam diperoleh dari stasiun BMKG Maluku Tengah. Curah hujan memiliki pengaruh terhadap erosi dan merupakan fenomena iklim yang sangat dipengaruhi oleh curah hujan. Jumlah curah hujan, intensitasnya, dan distribusinya semuanya mempengaruhi seberapa kuat hujan akan menyebar di atas tanah, seberapa banyak limpasan permukaan akan terjadi, dan seberapa banyak erosi yang akan menyebabkan kerusakan.

Dalam mengukur nilai erosivitas dalam penelitian ini, dihitung dengan menggunakan rumus Bols yang menggabungkan data curah hujan 10 tahun sebelumnya (2013-2022) (Bols, 1978; Luliro *et al.*, 2013). Data curah hujan bulanan dari 10 tahun yaitu 508,9 mm bulan⁻¹, dan dari hasil perhitungan, menunjukkan bahwa nilai erosivitas di lokasi penelitian selama setahun adalah 2.358,84 mm bulan⁻¹. Dari kondisi tersebut, jika dipadukan dengan topografi di DAS Wairutung dengan lereng yang curam, maka sangat berpotensi menimbulkan erosi yang lebih besar.

Faktor erodibilitas dari tanah (K)

Kerentanan tanah terhadap erosi ditunjukkan oleh erodibilitas tanah (K). Kemampuan tanah untuk menyerap air dan ketahanannya terhadap kerusakan eksternal keduanya mempengaruhi seberapa mudah tanah dapat tererosi. Untuk nilai erodibilitas dalam penelitian ini menerapkan Metode *clay ratio* (Wang *et al.*, 2013). Berdasarkan Peta Tanah Skala 1:50.000, kondisi jenis tanah di lokasi penelitian diketahui bahwa terdapat tiga jenis satuan tanah yang berbeda di wilayah penelitian. Satuan tanah ini merupakan klasifikasi dari sifat fisik dan kimia tanah berdasarkan komponen-komponen yang terkandung di dalamnya. Jenis tanah tersebut adalah Aluvial, Podsolik, dan Litosol yang dapat dilihat pada Tabel 1. Selain itu, berdasarkan analisis SIG

mengungkapkan bahwa jenis tanah podzolik meliputi area seluas 7.957,83 ha, diikuti oleh jenis tanah Litosol, yang mencakup area seluas 1.196,68 ha. Jenis tanah dengan nilai erodibilitas tanah tertinggi terdapat pada jenis tanah podsolik yang memiliki nilai K sebesar 0,692, standar yang cukup tinggi. Sebaran jenis tanah, peta kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, dan peta satuan lahan DAS Wairutung disajikan pada Gambar 2.

Faktor lereng (LS)

Jumlah tanah yang hilang selama erosi tergantung pada faktor topografi termasuk kemiringan dan panjang lereng. Erosi dipengaruhi oleh kemiringan lereng dan panjang lereng dimana erosi meningkat seiring dengan kecuraman lereng, begitu pula dengan jumlah material yang dibawa oleh limpasan yang bertambah selaras dengan panjang lereng.

Tabel 1. Nilai erodibilitas tanah (K).

No	Jenis Tanah	Simbol	Nilai K	Luas (ha)	%
1	Aluvial	Al	0,269	1.237,97	11,91
2	Litosol	Lt	0,034	1.196,68	11,51
3	Podsolik	Pd	0,692	7.957,83	76,57

Besarnya erosi tanah akan lebih besar dimana terjadi akumulasi aliran karena nilai LS terjadi intensif pada daerah dimana aliran berkumpul. Kecepatan limpasan permukaan dipengaruhi secara signifikan oleh kemiringan lereng, yang berdampak signifikan pada erosi yang terjadi. Kemungkinan perembesan air ke dalam tanah (infiltrasi) akan terhambat oleh nilai kemiringan, peningkatan volume limpasan permukaan dan resiko erosi. Analisis data Digital Elevation Model (DEM) untuk mengekstraksi peta

kemiringan lereng dan digunakan untuk menghitung parameter panjang lereng dan kemiringan lereng (LS), dan hasilnya menunjukkan bahwa terdapat 5 kelas lereng pada lokasi kajian. Berdasarkan hasil analisis SIG, kemiringan lereng didominasi oleh lereng >25% (curam), dengan luas 3.113,70 ha, dan 15 sampai 25% (curam) dengan luas 2.537,71 ha, kisaran 8 sampai 15 % dengan luas 1.606,50 ha, dan untuk lereng datar (0-8%) seluas 2.878,37 ha (Tabel 2).

Tabel 2. Faktor lereng (LS).

No	Kemiringan Lereng	Simbol	Nilai LS	Luas (ha)	%
1	0-8	I	0,49	2.878,37	28,40
2	8-15	II	1,74	2.537,71	25,04
3	15-25	III	3,86	1.606,50	15,85
4	>25	IV	8,48	3.113,70	30,72

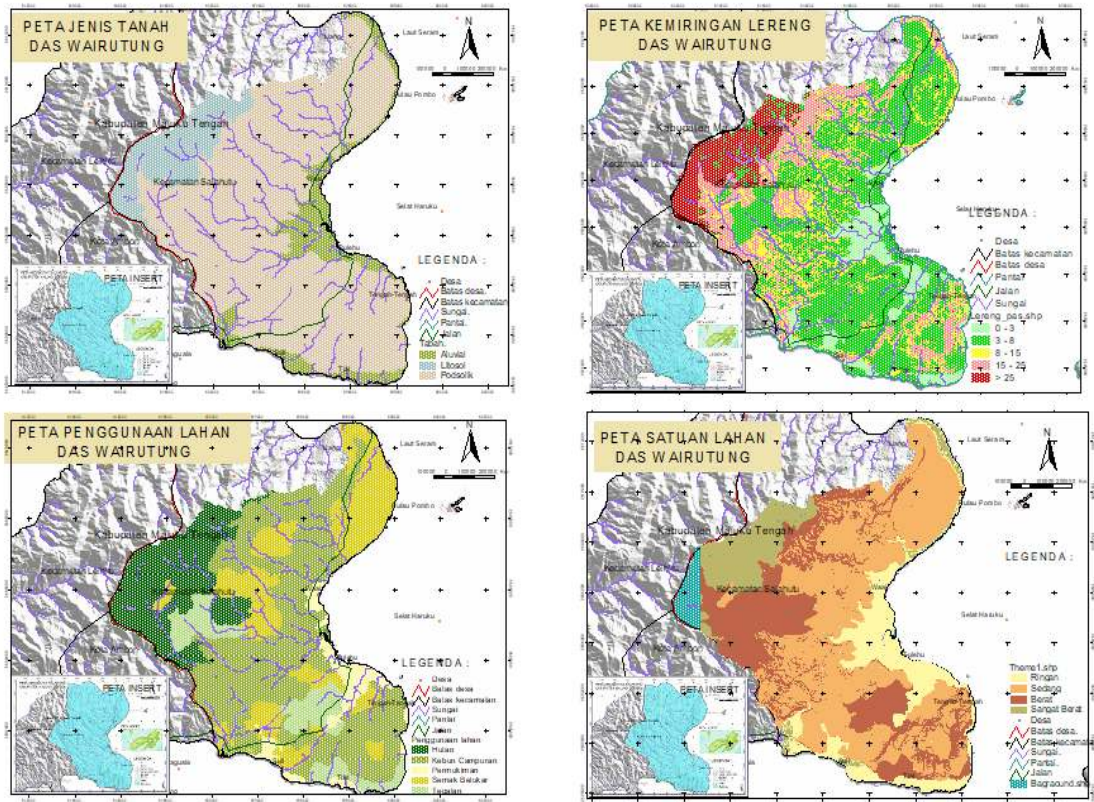
Faktor penggunaan lahan (CP)

Penggunaan lahan adalah elemen berikutnya yang mempengaruhi erosi dalam hal mempertahankan permukaan tanah dari kerusakan. Arah konservasi (CP) ditentukan tergantung pada jenis penggunaan lahan dan karakteristik vegetasi yang menutupi

tanah. Untuk menghitung nilai faktor CP digunakan analisis GIS untuk mengetahui sebaran tipe penggunaan lahan. Hasilnya, lokasi penelitian memiliki 5 bentuk penggunaan lahan yang berbeda yaitu hutan, kebun campuran, permukiman, semak belukar dan tegalan (Tabel 3).

Tabel 3. Faktor nilai panjang dan kemiringan lereng (LS).

No	Penggunaan Lahan	Simbol	C	P	Nilai CP	Luas (ha)	%
1	Hutan	Ht	0,001	0,01	0,00001	1.924,09	19,24
2	Kebun Campuran	Kc	0,1	0,04	0,004	4.625,62	46,26
3	Permukiman	Pm	1.00	1.00	1.00	564,35	5,64
4	Semak Belukar	Sb	0,001	0,20	0,0002	2.329,58	23,30
5	Tegalan	T	0,01	0,04	0,0004	950,66	9,51



Gambar 2. Peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, dan peta satuan lahan DAS Wairutung.

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai CP untuk penggunaan lahan permukiman sangat tinggi, sedangkan semak belukar, kebun campuran, dan tegalan memiliki nilai CP yang tinggi karena kurangnya akar yang kuat dan sehat yang dapat menahan curah hujan secara efektif. Jika dikombinasikan dengan kondisi lereng yang curam, hal ini dapat merusak lapisan atas tanah. Namun berbeda dengan penggunaan lahan hutan dengan nilai CP yang rendah karena hutan di lokasi studi memiliki kapasitas yang cukup besar dalam menahan air hujan karena kanopi yang tebal, kerapatan, dan akar yang dalam.

Faktor pengelolaan lahan (P)

DAS Wairutung tidak memiliki kegiatan konservasi lahan, maka faktor pengelolaan lahan atau lahan konservasi (P) adalah 1,00. Penyebab utama erosi di wilayah studi adalah masalah yang berkaitan dengan pengelolaan tanaman dan upaya konservasi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Asdak (2010) bahwa suatu DAS atau sub level DAS harus diketahui bahaya erosinya agar program konservasi tanah berhasil dilakukan. Prioritas restorasi tanah dapat

ditetapkan setelah risiko erosi DAS diketahui.

Perhitungan erosi dengan model USLE

Hasil perhitungan nilai laju erosi disajikan pada Tabel 6, bahaya erosi dilokasi penelitian dengan tipe sangat ringan dengan luas sebesar 2.900,865 ha yang tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah alluvial yaitu Al I Kc, Al I Pm, Al I Sb, Al I Lt, Pd I Kc, Pd I Pm dan yang tersebar pada jenis tanah podsolik dengan satuan lahan Pd I Sb, Pd I Lt dan Pd I Pk. Untuk tipe sedang dengan total luas keseluruhan 3.683,285 ha, dan keseluruhan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah podsolik yaitu Pd III H, Pd III Kc, Pd II Pk, Pd II Kc dan Pd II Pm. Tipe berat dengan total luas keseluruhan 1.458,367 ha dan keseluruhan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah podsolik dan litosol yaitu Lt III H, Pd II Sb dan Pd II Lt dan bahaya erosi pada tipe sangat berat dengan total luas keseluruhan 421,97 ha dan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah Podsolik dan Litosol yaitu Lt III Sb, Lt IV H, Pd III Sb dan Pd III Lt. Estimasi laju erosi merupakan alat penting untuk merencanakan proyek konservasi lahan. Strategi penggunaan lahan

dan tindakan konservasi yang sesuai dapat dirancang untuk mencegah kerusakan lebih lanjut jika tingkat erosi dapat diidentifikasi. sehingga lahan dapat dimanfaatkan secara lestari dan produktif.

Intensitas curah hujan yang tinggi akan meningkatkan kemungkinan bencana alam termasuk erosi dan tanah longsor, selain meningkatkan tingkat bahaya.

Tabel 4. Bahaya erosi aktual, dan bahaya erosi lereng DAS Wairutung.

No	Satlan	K	R	LS	CP	P	A	Kelas	Bahaya
1	Al I Kc	0,269	2358,84	0,49	0,004	1,00	87,961	I	Ringan
2	Al I Pm	0,269	2358,84	0,49	1,00	1,00	315,156	I	Ringan
3	Al I Sb	0,269	2358,84	0,49	0,0002	1,00	176,994	I	Ringan
4	Al I Tg	0,269	2358,84	0,49	0,0004	1,00	13,904	I	Ringan
5	Lt III H	0,034	2358,84	3,86	0,00001	1,00	677,007	III	Berat
6	Lt III Sb	0,034	2358,84	3,86	0,0002	1,00	13,916	IV	Sangat Berat
7	Lt IV H	0,034	2358,84	8,48	0,001	1,00	283,709	IV	Sangat Berat
8	Pd III H	0,692	2358,84	3,86	0,00001	1,00	662,59	II	Sedang
9	Pd III Kc	0,692	2358,84	3,86	0,004	1,00	19,294	II	Sedang
10	Pd III Sb	0,692	2358,84	3,86	0,0002	1,00	20,565	IV	Sangat Berat
11	Pd III Tg	0,692	2358,84	3,86	0,0004	1,00	103,78	IV	Sangat Berat
12	Pd II H	0,692	2358,84	1,74	0,00001	1,00	461,054	II	Sedang
13	Pd II Kc	0,692	2358,84	1,74	0,004	1,00	2.445,103	II	Sedang
14	Pd II Pm	0,692	2358,84	1,74	1,00	1,00	95,244	II	Sedang
15	Pd II Sb	0,692	2358,84	1,74	0,0002	1,00	613,194	III	Berat
16	Pd II Tg	0,692	2358,84	1,74	0,0004	1,00	168,166	III	Berat
18	Pd I Kc	0,692	2358,84	0,49	0,004	1,00	1.276,735	I	Ringan
19	Pd I Pm	0,692	2358,84	0,49	1,00	1,00	83,533	I	Ringan
20	Pd I Sb	0,692	2358,84	0,49	0,0002	1,00	820,882	I	Ringan
21	Pd I Tg	0,692	2358,84	0,49	0,0004	1,00	0,017	I	Ringan

Pembahasan

Nilai erosivitas dari hasil penelitian dihitung menggunakan rumus Bols yang menggabungkan data curah hujan 30 tahun sebelumnya, dan menunjukkan bahwa nilai erosivitas selama setahun di DAS Wairutung adalah 2.358,81 mm bulan⁻¹. jika dipadukan dengan topografi di DAS Wairutung yang 89% merupakan daerah perbukitan dan pegunungan dan berlereng yang curam, maka sangat berpotensi menimbulkan erosi yang lebih besar. Hal ini senada dengan temuan Putra *et al.* (2018), yang meneliti DAS air dingin Bagian Hulu Kota Padang yang juga merupakan daerah perbukitan dan berlereng curam dengan tingkat erosivitas yang tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Hermon (2012), bahwa erosi akan meningkat dengan kemiringan lereng yang lebih panjang pada intensitas hujan yang tinggi, sedangkan pada intensitas yang lebih rendah akan berkurang. Jika tanah tidak dilindungi oleh penutup tanah dalam keadaan ini, maka limpasan dan erosi akan semakin meningkat.

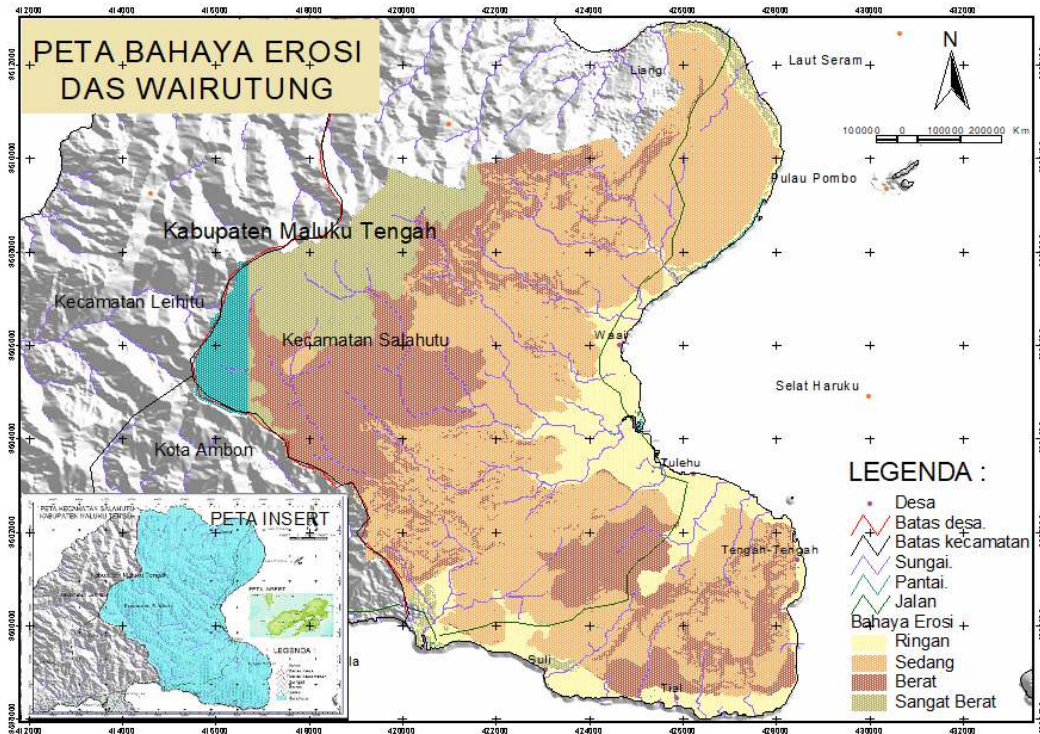
Jumlah curah hujan yang signifikan dianggap sebagai akar penyebab erosi yang tidak sebanding

dengan limpasan permukaan. Curah hujan yang tinggi akan menghasilkan aliran dan erosi yang signifikan karena kemampuan tanah untuk menyerap air terbatas. Tingkat kerusakan tanah akibat erosi dipengaruhi oleh faktor iklim, topografi, tanah, vegetasi, dan manusia. Curah hujan yang tinggi, yang memiliki energi kinetik, berdampak pada besaran erosi (Arsyad, 2010; Putra *et al.*, 2018). Curah hujan yang lebih besar dari kuantitas curah hujan menyebabkan erosi meningkat. Erosi mungkin tidak disebabkan oleh volume curah hujan yang besar baik yang berintensitas rendah maupun berintensitas tinggi tetapi terjadi dengan cepat (Sitepu *et al.*, 2017). Tetapi erosi yang signifikan juga dapat disebabkan oleh hujan lebat yang sering terjadi (Wati *et al.*, 2014).

Nilai erodibilitas tanah (K) dalam penelitian ini menerapkan Metode clay ratio dan diperoleh jenis tanah dengan nilai erodibilitas tanah tertinggi di lokasi penelitian terdapat pada jenis tanah podsolik yang memiliki nilai K sebesar 0,692, dengan standar yang cukup tinggi. Menurut penelitian Morgan dan Rickson (2005) dan Putra *et*

al. (2018), bahwa nilai erodibilitas tanah yang tinggi akan menyebabkan kemampuan tanah tererosi semakin tinggi. Erodibilitas tanah dan kerentanan berbagai jenis tanah terhadap erosi berbeda-beda. Kemungkinan erosi akan berkurang jika tanah

dapat menahan hujan lebat, dan sebaliknya. Berbeda dengan tanah dengan erodibilitas rendah dan ketahanan erosi yang baik, tanah dengan erodibilitas tinggi akan peka terhadap erosi (Arsyad, 2010; Putra *et al.*, 2018).



Gambar 3. Peta tingkat bahaya erosi DAS Wairutung.

Faktor topografi termasuk kemiringan dan panjang lereng mempengaruhi besarnya erosi yang terjadi. Berdasarkan hasil analisis SIG, kemiringan lereng di lokasi penelitian, didominasi oleh lereng >25% (curam), dengan luas 3.113,70 ha, dan 15 sampai 25% (curam) dengan luas 2.537,71 ha, kisaran 8 sampai 15% dengan luas 1.606,50 ha. Dua fitur topografi yang paling mempengaruhi limpasan dan erosi adalah lereng dan panjang lereng (Arsyad, 2010). Oleh karena itu, panjang lereng menentukan seberapa banyak tanah yang dibawa oleh limpasan permukaan, dan kecuraman lereng menentukan seberapa cepat limpasan menggerakkan tanah. Menurut Hardjowigeno (2003) dan Sinaga (2014), erosi akan meningkat jika kemiringan lereng semakin panjang atau curam.

Permukaan tanah dengan ambang curam kelerengan dapat meningkatkan kecepatan aliran permukaan dan meningkatkan energi angkut air, yang keduanya menyebabkan bertambahnya jumlah tanah yang terkena tumbukan hujan. Hal ini dapat

mengakibatkan permukaan tanah menjadi lebih curam dan erosinya menjadi dua kali lebih besar (Hardjowigeno, 2003; Sinaga 2014). Hal senada dikemukakan oleh Martono (2004) dan Sitepu *et al.* (2017) dalam analisisnya bahwa adanya peningkatan kadar kelerengan dapat mengakibatkan peningkatan laju erosi. Ini karena tingkat kelerengan yang tinggi menyebabkan aliran permukaan akan lebih cepat dari normal terjadi sehingga berkurangnya air yang masuk ke dalam tanah. Kapasitas infiltrasi yang menurun, peningkatan aliran permukaan dan kecepatan aliran permukaan, peningkatan energi angkut permukaan aliran, dan akhirnya terjadi peningkatan erosi, semuanya ini diakibatkan oleh kondisi topografi dengan tingkat konservasi yang rendah (Dewi *et al.*, 2012).

Menurut penelitian Labrière *et al.* (2015) vegetasi memiliki dampak yang signifikan terhadap erosi karena mencegah curah hujan jatuh langsung ke permukaan tanah, sehingga mengurangi gaya yang diperlukan untuk mengikis tanah. Ketinggian

tajuk dan kerapatan tajuk, yang berdampak pada tetesan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah, juga harus diperhatikan saat mengkaji bagaimana pengaruh vegetasi terhadap tutupan lahan. Akar tanaman juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap stabilisasi agregat dan perluasan porositas tanah. Selain itu, Prayitno *et al.* (2015) mencatat bahwa penggunaan lahan terbuka dan lahan kebun secara bersama-sama memiliki dampak yang signifikan terhadap percepatan erosi tanah.

Tingkat erosi dapat dikurangi secara signifikan oleh vegetasi. Sementara akar dan batang vegetasi dapat membantu mengikat tanah dan air untuk memperlambat erosi, tajuk vegetasi sangat efektif membatasi jumlah daya rusak hujan (Dinh *et al.*, 2021). Faktor tutupan vegetasi (C) menurut Efthimiou *et al.* (2017) hal ini sedikit mengubah faktor vegetasi dengan meningkatkan kemampuan tumbuhan untuk menutupi dan melindungi tanah dari erosi akibat tumbukan curah hujan. Menurut Životić *et al.* (2012), vegetasi merupakan salah satu faktor yang dapat mengubah besarnya erosi di suatu lokasi. Hal ini disebabkan peran vegetasi dalam menutup proses intersep dan fungsi pelindung tanah dari tumbuhan bawah dan serasah.

Djoukbal *et al.* (2019) mengemukakan bahwa vegetasi melindungi tanah dan bersentuhan langsung dengan curah hujan, yang dapat melarutkan agregat tanah dan menyebabkan pemadatan. Limpasan permukaan akan naik sebagai akibat dari pemecahan partikel tanah, yang akan menyumbat pori makro tanah dan mencegah infiltrasi air tanah. Tetesan hujan dapat dicegah oleh tanaman, menyerap energi kinetiknya sehingga tidak langsung berdampak pada tanah. Menurut Fiener *et al.* (2020), tinggi dan kesinambungan tajuk, kerapatan tutupan lahan, dan kerapatan akar semuanya mempengaruhi ketahanan tanaman terhadap erosi. Banyaknya air yang tertampung pada permukaan tajuk, batang, dan cabang vegetasi disebut sebagai kapasitas tampung intersep, dan jumlahnya ditentukan oleh kerapatan, bentuk, dan tekstur vegetasi (Eisenberg dan Muvundja, 2020). Selain itu, jika pertumbuhan tajuk tanaman tidak lebih dari 30%, limpasan yang terjadi masih cukup besar. Tanaman harus terlindung dengan baik dari limpasan permukaan minimal 70% (Kumarasinghe, 2021).

Kesimpulan

Untuk setiap daerah di lokasi penelitian telah dilakukan analisis erosi dan risiko erosi. Input utamanya adalah erosi, yang terdiri atas faktor-

faktor seperti panjang lereng dan lereng (LS), pengelolaan tanaman dan tindakan konservasi, erodibilitas tanah, dan erosivitas curah hujan (R, K, CP, dan K). Kalkulator alat raster juga digunakan untuk mengetahui tingkat erosi. Dengan satuan lahan tersedia seluas 2.900,865 hektar dengan jenis tanah aluvial, temuan kajian menunjukkan bahwa rata-rata laju erosi di lokasi kajian sangat rendah. Untuk tipe sedang dengan total luas keseluruhan 3.683,285 ha dan keseluruhan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah podsolik, Tipe berat dengan total luas keseluruhan 1.458,367 ha dan keseluruhan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah Podsolik dan Litosol. Tingkat bahaya erosi pada tipe sangat berat dengan total luas keseluruhan 421,97 ha dan tersebar pada satuan lahan dengan jenis tanah Podsolik dan Litosol.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan Bappeda Kota, Dinas Pekerjaan Umum, Badan Meteorologi dan Klimatologi, dan Pemerintah Kota Ambon, BPS Kota Ambon dalam penyediaan data pendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Andriyani, I., Wahyuningsih, S. dan Suryaningtias, S. 2019. Perubahan tata guna lahan di Sub DAS Rembangan-Jember dan dampaknya terhadap laju erosi. *AgriTECH* 39(2):117, doi:10.22146/agritech.42424.
- Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Pres edisi kedua.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press. Yogyakarta
- Benavidez, R., Jackson, B., Maxwell, D. and Norton, K. 2018. A review of the (revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences* 22:6059-6086, doi:10.5194/hess-22-6059-2018.
- Bols, P.L. 1978. *The iso-erodent map of Java and Madura*. Belgian Technical Assistance Project ATA 105. Soil Research Institute, Bogor.
- da Silva, A.M., Alcarde, C. and Hitomi, C. 2011. Natural Potential for Erosion for Brazilian Territory. *Soil Erosion Studies*, November 2011, doi:10.5772/23163.
- Danasekara, A. 2022. Effects of Land Use Patterns on Soil Erosion; A Case Study in Rural Areas of Sri Lanka Abstract: April.
- Devatha, C.P., Deshpande, V. and Renukprasada, M.S. 2015. Estimation of soil loss using USLE model for Kulhan Watershed, Chattisgarh-a case study. *Aquatic Procedia* 4(Icwrcoe):1429-1436, doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.185.

- Dewi, I.G.A.S.U., Trigunasih, N.M. dan Kusmawati, T. 2012. Prediksi erosi dan perencanaan konservasi tanah dan air pada Daerah Aliran Sungai Saba. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 1(1):12-23.
- Dinh, T.V., Nguyen, H., Tran, X.L. and Hoang, N.D. 202). Predicting rainfall-induced soil erosion based on a hybridization of adaptive differential evolution and support vector machine classification. *Mathematical Problems in Engineering* 2021, doi:10.1155/2021/6647829.
- Djoukbal, O., Hasbaia, M., Benselama, O. and Mazour, M. 2019. Comparison of the erosion prediction models from USLE, MUSLE and RUSLE in a Mediterranean watershed, case of Wadi Gazouana (N-W of Algeria). *Modeling Earth Systems and Environmen*, 5(2):725-743, doi:10.1007/s40808-018-0562-6.
- Efthimiou, N., Lykoudi, E. and Karavitis, C. 2017. Comparative analysis of sediment yield estimations using different empirical soil erosion models. *Hydrological Sciences Journal* 62(16):2674-2694, doi:10.1080/02626667.2017.1404068.
- Eisenberg, J. and Muvundja, F.A. 2020. Quantification of erosion in selected catchment areas of the Ruzizi River (DRC) using the (R)USLE model. *Land* 9(4), doi:10.3390/LAND9040125.
- El Jazouli, A., Barakat, A., Ghafiri, A., El Moutaki, S., Ettaqy, A. and Khellouk, R. 2017. Soil erosion modeled with USLE, GIS, and remote sensing: a case study of Ikkour watershed in Middle Atlas (Morocco). *Geoscience Letters* 4(1), doi:10.1186/s40562-017-0091-6.
- FAO. 2015. Status of the World's Soil Resources Main report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
- Fiener, P., Dostál, T., Krása, J., Schmaltz, E., Strauss, P. and Wilken, F. 2020. Operational USLE-based modelling of soil erosion in Czech Republic, Austria, and Bavaria-Differences in model adaptation, parametrization, and data availability. *Applied Sciences (Switzerland)* 10(10), doi:10.3390/app10103647.
- García, L., Veneros, J., Pucha-Cofrep, F., Chávez, S., Bustamante, D.E., Calderón, M.S., Morales, E. and Oliva, M. 2021. Geospatial analysis of soil erosion including precipitation scenarios in a conservation area of the Amazon Region in Peru. *Applied and Environmental Soil Science* 2021:1-21, doi:10.1155/2021/5753942.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah Ultisol. Edisi Baru. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Hariati, F., Taqwa, F.M.L., Alimuddin, Salman, N. dan Sulaeman, N.H.F. 2022. Simulasi perubahan tata guna lahan terhadap laju erosi lahan menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciseel. *Journal of Civil Engineering* 11(01):52-61, doi:10.37598/tameh.v11i1.185.
- Hermon, D. 2012. Mitigasi Bencana Hidrometeorologi: Banjir, Lonsor, Ekologi, Degradasi Lahan, Puting Beliung, Kekeringan. UNP Press.
- Keesstra, S.D., Bouma, J., Wallinga, J., Tiftonell, P., Smith, P., Cerdà, A., Montanarella, L., Quinton, J.N., Pachepsky, Y., Van Der Putten, W.H., Bardgett, R.D., Moolenaar, S., Mol, G., Jansen, B. and Fresco, L.O. 2016. The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations sustainable development goals. *Soil* 2(2):111-128, doi:10.5194/soil-2-111-2016.
- Kumarasinghe, U. 2021. A review on new technologies in soil erosion management. *Journal of Research Technology and Engineering* 2(1):120-127.
- Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V. and Bernoux, M. 2015. Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 203:127-139, doi:10.1016/j.agee.2015.01.027.
- Luliro, N.D., Tenywa, J.S. dan Majaliwa, J.G.M. 2013. Adaptation of RUSLE to model erosion risk in a watershed with terrain heterogeneity. *International Journal of Advanced Earth Science and Engineering* 2(1):93-107, Article ID Sci-140.
- Maizuar. 2010. Integrated use of ARCGIS and USLE for predicting soil degradation in HU Tzu Shan slope Taiwan. *Dinamika Teknik Sipil* 10(3):257-262.
- Martono, M. 2004. Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng Terhadap Laju Kehilangan Tanah Pada Tanah Regosol Kelabu. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Morgan, R.P.C. and Rickson, R.J. 2005. Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach. Published by E & FN Spon, an imprint of Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK.
- Nasir Ahmad, N.S.B., Mustafa, F.B., Muhammad Yusoff, S.Y. and Didams, G. 2020. A systematic review of soil erosion control practices on the agricultural land in Asia. *International Soil and Water Conservation Research* 8(2):103-115, doi:10.1016/j.iswcr.2020.04.001.
- Paimin, S. dan Pramono, I.B. 2009. Teknik mitigasi banjir dan tanah longsor. Balikpapan: Tropenbos International Indonesia Programme.
- Pham, T.G., Degener, J. dan Kappas, M. 2018. Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. *International Soil and Water Conservation Research* 6(2):99-110, doi:10.1016/j.iswcr.2018.01.001.
- Prasuhn, V. 2022. Experience with the assessment of the USLE cover-management factor for arable land compared with long-term measured soil loss in the Swiss Plateau. *Soil and Tillage Research* 215(July 2021):105199, doi:10.1016/j.still.2021.105199.
- Prayitno, J.S. Tasirin, M.Y.M.A., Sumakud, dan Rombang, J.A. 2015. Pemanfaatam Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pengklasifikasian bahaya

- erosi pada DAS Talawaan. *Cocos: Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi* 6(11):1-8.
- Putra, A., Triyatno, Syarief, A. dan Hermon, D. 2018. Penilaian erosi berdasarkan metode USLE dan arahan konservasi pada DAS Air Dingin Bagian Hulu Kota Padang-Sumatera Barat. *Jurnal Geografi* 10(1):1-13, doi:10.24114/jg.v10i1.7176.
- Sartori, M., Philippidis, G., Ferrari, E., Borrelli, P., Lugato, E., Montanarella, L. and Panagos, P. 2019. A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion. *Land Use Policy* 86(May):299-312, doi:10.1016/j.landusepol.2019.05.014.
- Sinaga, J. 2014. Analisis potensi erosi pada penggunaan lahan Daerah Aliran Sungai Sedau di Kecamatan Singkawang Selatan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* 2(1):1-10, doi:10.26418/jtlb.v2i1.7306.
- Singh, G. and Panda, R. 2017. Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: a case study in the Kapgari Watershed, India. *International Soil and Water Conservation Research* 5(19):202-211, doi:10.1016/j.ISWCR.2017.05.006.
- Sitepu, F., Selintung, M. dan Harianto, T. 2017. Pengaruh intensitas curah hujan dan kemiringan lereng terhadap erosi yang berpotensi longsor. *Jurnal Penelitian Enjiniring* 21(1):23-27, doi:10.25042/jpe.052017.03.
- Teh, S.H. 2011. Soil Erosion Modeling Using RUSLE and GIS on Cameron Highlands, Malaysia for Hydropower Development. *RES | the School for Renewable Energy Science*. 6-8.
- Terranova, O., Antronico, L., Coscarelli, R. and Iaquina, P. 2009. Soil erosion risk scenarios in the mediterranean environment using RUSLE and GIS: An application model for Calabria (Southern Italy). *Geomorphology* 112(3-4):228-245, doi:10.1016/j.geomorph.2009.06.009.
- Utama, L. 2022. Kawasan berpotensi banjir pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji. *Jurnal Teknik* 5(2):110-115, doi:10.31869/rtj.v5i1.2844.
- Wang, B., Zheng, F., Römken, M.J.M. and Darboux, F. 2013. Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. *Geomorphology* 187(1):1-10, doi:10.1016/j.geomorph.2013.01.018.
- Wati, Y., Alibasyah, M.R. dan Manfarizah. 2014. Pengaruh lereng dan pupuk organik terhadap kehilangan hara pada areal tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Kecamatan Atu Lintang Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan* 3(2):496-505.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning. *USDA Agriculture Handbook* 537, 58.
- Životić, L., Perović, V., Jaramaz, D., Dordević, A., Petrović, R. and Todorović, M. 2012. Application of USLE, GIS, and remote sensing in the assessment of soil erosion rates in southeastern serbia. *Polish Journal of Environmental Studies* 21(6):1929-1935.