

## **Analisis Erosi Menggunakan Sistem Informasi Geografis pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kamp Wolker Waena – Jayapura**

**Ira Widyastuti, Hery Dualembang<sup>\*</sup>, Riswandy Loly Paseru, Herlina Sanggamele, Eka Priska Kombong**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jayapura

[\\*herydualembang@gmail.com](mailto:herydualembang@gmail.com)

Diajukan: 10 Februari 2025, Revisi: 25 Februari 2025, Diterima: 28 Februari 2025

### **Abstract**

*Erosion is defined as the displacement and transportation of soil particles to other locations, primarily driven by hydrological and aeolian processes. Within a watershed, erosion contributes to sediment deposition in river channels, which in turn reduces the river's capacity to store and convey water. The Kamp Wolker watershed, located in an area characterized by significant sediment accumulation and diverse lithological compositions, has become an important zone for excavation and material extraction. This research aims to quantify soil erosion rates and classify erosion severity levels within the Kamp Wolker watershed by employing the Universal Soil Loss Equation (USLE) model integrated with Geographic Information Systems (GIS). The USLE model utilizes five key parameters: rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), slope length and steepness (LS), crop management (C), and conservation practices (P). Through a spatial overlay analysis of these factors, erosion rates are calculated and classified into five severity categories: very low, low, moderate, high, and very high. The results of the analysis indicate that the average annual soil erosion rate in the Kamp Wolker watershed is approximately 2.989 tons per hectare per year. The spatial distribution of erosion severity is as follows: very low (75.18%), low (10.96%), moderate (7.86%), high (4.72%), and very high (1.32%). These findings provide a basis for targeted soil conservation planning and land management strategies within the watershed.*

*Keywords: Watershed, Erosion, Geographic Information System*

### **Abstrak**

Erosi merupakan proses pelepasan dan pemindahan partikel tanah dari satu tempat ke tempat lain, yang umumnya disebabkan oleh aktivitas air hujan maupun angin. Dalam konteks Daerah Aliran Sungai (DAS), proses ini menyebabkan terjadinya akumulasi sedimen di saluran sungai yang berakibat pada penurunan kapasitas tampung aliran air. DAS Kamp Wolker menjadi wilayah yang strategis dalam aktivitas eksploitasi dan ekstraksi material karena keberadaan endapan sedimen serta batuan yang melimpah di sepanjang aliran sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi nilai laju erosi serta melakukan klasifikasi tingkat erosi di DAS Kamp Wolker dengan menggunakan pendekatan Universal Soil Loss Equation (USLE) yang diintegrasikan dengan analisis Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode USLE melibatkan lima parameter utama, yaitu faktor erosititas curah hujan (R), erodibilitas tanah (K), panjang dan kemiringan lereng (LS), pengelolaan tanaman (C), serta tindakan konservasi tanah (P). Melalui teknik overlay spasial, nilai erosi dihitung dan diklasifikasikan ke dalam lima kategori tingkat bahaya erosi, yaitu sangat ringan, ringan, sedang, berat, dan sangat berat. Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata laju erosi di DAS Kamp Wolker mencapai 2,989 ton/ha/tahun. Distribusi kelas erosi di wilayah tersebut meliputi: sangat ringan (75,18%), ringan (10,96%), sedang (7,86%), berat (4,72%), dan sangat berat (1,32%). Temuan ini memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi kerentanan lahan terhadap erosi, yang dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi konservasi tanah dan pengelolaan DAS yang berkelanjutan.

**Kata Kunci:** DAS, Erosi, Sistem Informasi Geografis

## 1. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai atau disingkat DAS merupakan wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung topografi, tempat seluruh curah hujan yang jatuh di dalamnya mengalir melalui sistem jaringan sungai dan akhirnya bermuara pada satu titik tertentu, seperti sungai utama atau stasiun pengamatan (Triadmodjo, 2008). Menurut Mawardi, 2012 erosi adalah proses penghilangan atau pemisahan massa tanah akibat dampak dari air hujan dan gerakan air limpasan pada permukaan.

Secara hidrologis, lokasi Sungai Kamp Wolker berada di Distrik Heram Kota Jayapura. Aliran sungai ini mengalir dari utara ke selatan melewati lereng pegunungan Cycloops dan berakhir di Danau Sentani. Sungai ini memiliki panjang 15,08 km. Wilayah ini menjadi salah satu faktor penting dalam penggalian dan pengambilan bahan baku, karena di alur terdapat banyak akumulasi sedimen, serta banyak batuan yang ditemukan. Salah satu penyebab terbentuknya endapan sedimen adalah berlangsungnya proses erosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi nilai laju erosi serta melakukan klasifikasi tingkat erosi di DAS Kamp Wolker dengan menggunakan pendekatan Universal Soil Loss Equation (USLE) yang diintegrasikan dengan analisis Sistem Informasi Geografis (SIG).

## 2. METODOLOGI PENULISAN

Studi ini menerapkan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui metode analisis spasial yang didasarkan pada Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuan utamanya adalah memetakan dan menganalisis tingkat potensi erosi pada DAS Kamp Wolker Waena - Jayapura berdasarkan parameter fisik wilayah.

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kamp Wolker, Waena, Kota Jayapura, Papua

### Metode Pengambilan Data

Data Primer yang digunakan merupakan hasil pengamatan langsung di lapangan (verifikasi tutupan lahan dan kemiringan lereng). Data sekunder mencakup data curah hujan tahunan, citra satelit digunakan untuk menganalisis penutup lahan, peta tipe tanah, peta kontur atau DEM (Model Elevasi Digital) untuk analisis kemiringan.

### Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan wilayah daratan yang secara alami dibatasi oleh kontur topografi seperti pegunungan, yang berfungsi mengumpulkan air hujan dan menyalurkannya melalui sistem sungai hingga mencapai laut (Asdak, 2010).

### Erosi

Erosi dapat didefinisikan sebagai proses di mana partikel tanah bergerak dari tempat asalnya dan terangkut oleh aliran air atau angin, lalu diikuti oleh pengendapan material yang telah terangkut di lokasi yang berbeda (Sutapa, 2010).

### Metode USLE

Metode Universal Soil Loss Equation (USLE) merupakan metode yang dikembangkan oleh Wischmeir dan Smith pada tahun 1978 (Asdak, 2024), metode ini adalah cara standar yang digunakan untuk mengestimasi tingkat erosi. Berdasarkan Fahliza dkk. (2013), penghitungan dengan metode USLE memperhitungkan beberapa faktor utama: erosivitas hujan dalam satuan kJ/ha (R), erodibilitas tanah dalam satuan ton/kJ (K), indeks panjang dan kemiringan lereng (LS), serta indeks penutupan lahan dan konservasi (C dan P). Nilai besaran kehilangan tanah atau erosi dalam satuan ton/hha/tahun (A) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$A = R K L S C P \quad (1)$$

### Komponen USLE

Besarnya erosi didapat dari hasil perkalian faktor-faktor yang berkaitan dengan hujan, tipe tanah, panjang serta kemiringan lereng, sistem penanaman, dan upaya konservasi tanah serta air yang dilakukan di daerah penelitian (Meylina, 2015). Berikut adalah penjelasan setiap faktor yang menjadi elemen penyusun persamaan USLE:

#### a. Faktor Erosivitas Hujan (R)

Faktor R merupakan ukuran kemampuan dari hujan untuk menyebabkan terjadinya erosi, ditentukan oleh intensitas dan energi kinetik curah hujan. Nilai R menggambarkan potensi hujan dalam melepaskan dan mengangkut partikel tanah. Semakin tinggi intensitas hujan, semakin besar nilai R dan potensi erosi. Curah hujan merujuk pada total air hujan yang turun pada lokasi tertentu dalam periode waktu yang ditentukan, biasanya diukur dalam satuan milimeter (mm) (Soemarto, 1999). Menurut Bols, 1978 dalam Asdak, 2024 menentukan nilai rata-rata erosivitas hujan tahunan ( $EI_{30}$ ) dengan memperhitungkan pengaruh rata-rata curah hujan tahunan dalam cm ( $RAIN$ ), rata-rata jumlah hari hujan dalam setahun dalam hari ( $DAYS$ ), rata-rata curah hujan maksimum per bulan dalam 24 jam selama satu tahun dalam cm ( $MAXP$ ). Nilai  $EI_{30}$  dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$EI_{30} = 6,119 (RAIN)^{1,21} (DAYS)^{-0,47} (MAXP)^{0,53} \quad (2)$$

#### b. Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas mencerminkan tingkat kerentanan suatu jenis tanah terhadap degradasi dan pengangkutan partikel oleh air hujan, yang menunjukkan sejauh mana tanah dapat bertahan dari proses erosi. Faktor ini dinyatakan dengan nilai K, yang dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik dan kimia tanah, seperti tekstur, struktur agregat, kandungan bahan organik, serta tingkat permeabilitasnya. Umumnya, tanah dengan tekstur halus, struktur kurang stabil, kandungan bahan organik rendah, dan sifat gembur cenderung memiliki nilai K yang tinggi, yang berarti tanah tersebut lebih mudah tererosi. Sebaliknya, nilai K yang rendah menunjukkan bahwa tanah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap proses erosi. Klasifikasi nilai K dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1** Nilai K

No	Jenis Tanah	Nilai K
1.	Latosol merah ( <i>Humox</i> )	0,12
2.	Latosol merah kuning ( <i>Typic haplorthox</i> )	0,26
3.	Latosol coklat ( <i>Typic tropodult</i> )	0,23
4.	Latosol ( <i>Epiaquic tropodult</i> )	0,31
5.	Regosol ( <i>Troporthents</i> )	0,14
6.	Regosol ( <i>Oxic dystropept</i> )	0,12 – 0,16
7.	Regosol ( <i>Typic entropept</i> )	0,29
8.	Regosol ( <i>Typic dystropept</i> )	0,31
9.	Gley humic ( <i>Typic tropoquept</i> )	0,13
10.	Gley humic ( <i>Tropaquept</i> )	0,20
11.	Gley humic ( <i>Aquic entropept</i> )	0,26
12.	Lithosol ( <i>Litic eutropept</i> )	0,16
13.	Lithosol ( <i>Orthen</i> )	0,29
14.	Grumosol ( <i>Chromudert</i> )	0,21
15.	Hydromorf abu-abu ( <i>Tropofluent</i> )	0,20
16.	Podsolik ( <i>Tropudults</i> )	0,16
17.	Podsolik Merah Kuning ( <i>Tropudults</i> )	0,32
18.	Mediteran ( <i>Tropohumults</i> )	0,10
19.	Mediteran ( <i>Tropaqualfs</i> )	0,23
20.	Mediteran ( <i>Tropudalfs</i> )	0,22
21.	Andosol	0,28
22.	Laterik/Litosol Coklat Kekuningan	0,09

Sumber: Arsyad, 2010

#### c. Faktor Panjang Lereng (L) dan Kemiringan Lereng (S)

Faktor L menggambarkan pengaruh panjang bidang lereng terhadap laju erosi. Semakin panjang sebuah lereng, maka akan menyebabkan volume dan kecepatan dari aliran permukaan yang terbentuk juga meningkat, sehingga memperbesar kemampuan aliran tersebut mengangkut tanah. Sedangkan Faktor S menunjukkan pengaruh kecuraman lereng terhadap kecepatan aliran permukaan. Lereng yang curam menghasilkan aliran yang lebih cepat dan kuat, sehingga partikel tanah lebih mudah tererosi. Nilai S meningkat tajam seiring bertambahnya kemiringan. Indeks topografi L dan S, masing-masing mencerminkan pengaruh panjang dan gradien lereng terhadap tingkat erosi (Sutapa, 2010). Kelas lereng dan nilai faktor LS yang terdapat pada tabel 2.

**Tabel 2** Faktor LS

Kelas Lereng	Kemiringan Lereng	Nilai LS
I	0 – 8	0,40
II	8 – 15	1,40
III	15 – 25	3,10
IV	25 – 40	6,80
V	> 40	9,50

Sumber: Kironoto, 2003

#### d. Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

Faktor C merepresentasikan pengaruh gabungan dari penutup lahan, vegetasi, sisa tanaman (*litter*), kondisi permukaan tanah, serta metode pengelolaan lahan terhadap intensitas erosi yang terjadi (Fitria dkk., 2012). Nilai C menunjukkan seberapa besar efektivitas penutup vegetasi dan praktik budidaya dalam menghambat proses erosi. Penutup lahan yang rapat, seperti hutan atau semak belukar, mampu meredam energi tetesan hujan dan memperlambat aliran permukaan, sehingga dapat menurunkan risiko terjadinya erosi secara signifikan. Skala nilai C berkisar antara 0-1, di mana nilai mendekati 0 menunjukkan

perlindungan maksimal terhadap erosi, sedangkan nilai mendekati 1 menunjukkan minimnya perlindungan. Kategori nilai faktor C untuk berbagai jenis penutup lahan dan sistem pengelolaan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Nilai C

Penggunaan Lahan	Nilai C
Tanah terbuka, tanpa tanaman	1,0
Hutan	0,001
Pemukiman	1,0
Sawah	0,01
Kentang	0,4
Kacang tanah	0,2
Jagung	0,7
Pisang	0,6
Kebun Campuran, kerapatan tinggi	0,1
Kebun Campuran, kerapatan sedang	0,2
Kebun Campuran, kerapatan rendah	0,5
Semak Belukar	0,3
Talas	0,85
Sorghum	0,242
Ubi kayu + Kedelai	0,181
Ubi kayu + kacang tanah	0,195

Sumber: Arsyad, 2010

e. Faktor Pengelolaan dan Konservasi Tanah (P)

Faktor P mencerminkan efektivitas berbagai tindakan konservasi lahan, seperti pembuatan teras, penanaman sejajar garis kontur, dan sistem drainase dalam mengurangi erosi. Praktik konservasi tersebut berperan penting dalam menekan laju erosi dengan cara memperlambat aliran permukaan dan meningkatkan kapasitas infiltrasi air ke dalam tanah. Pengaruh faktor P berbeda dengan faktor C karena faktor P lebih berkaitan dengan upaya teknis pengelolaan tanah, sedangkan faktor C berkaitan dengan jenis dan kerapatan vegetasi. Oleh karena itu, dalam model USLE, keduanya dipisahkan secara eksplisit. Efektivitas tindakan konservasi yang direpresentasikan oleh nilai P sangat dipengaruhi oleh kondisi kemiringan lereng; semakin curam lereng, semakin signifikan peran tindakan konservasi dalam mengurangi erosi. Nilai-nilai faktor P yang sesuai dengan berbagai jenis tindakan konservasi dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4** Nilai P

No	Tindakan khusus konservasi tanah	Nilai P
1	Teras Bangku	
	- konstruksi baik	0,04
	- konstruksi sedang	0,15
	- konstruksi kurang baik	0,35
	- teras tradisional baik	0,40
2	Strip tanaman rumput (padang rumput)	0,40
3	Pengolahan tanah dan penanaman menurut garis kontur	
	- kemiringan 0 - 8 %	0,50
	- kemiringan 9 - 20 %	0,75
	- kemiringan > 20 %	0,90
4	Tanpa tindakan konservasi	1,00

Sumber: Arsyad, 2010

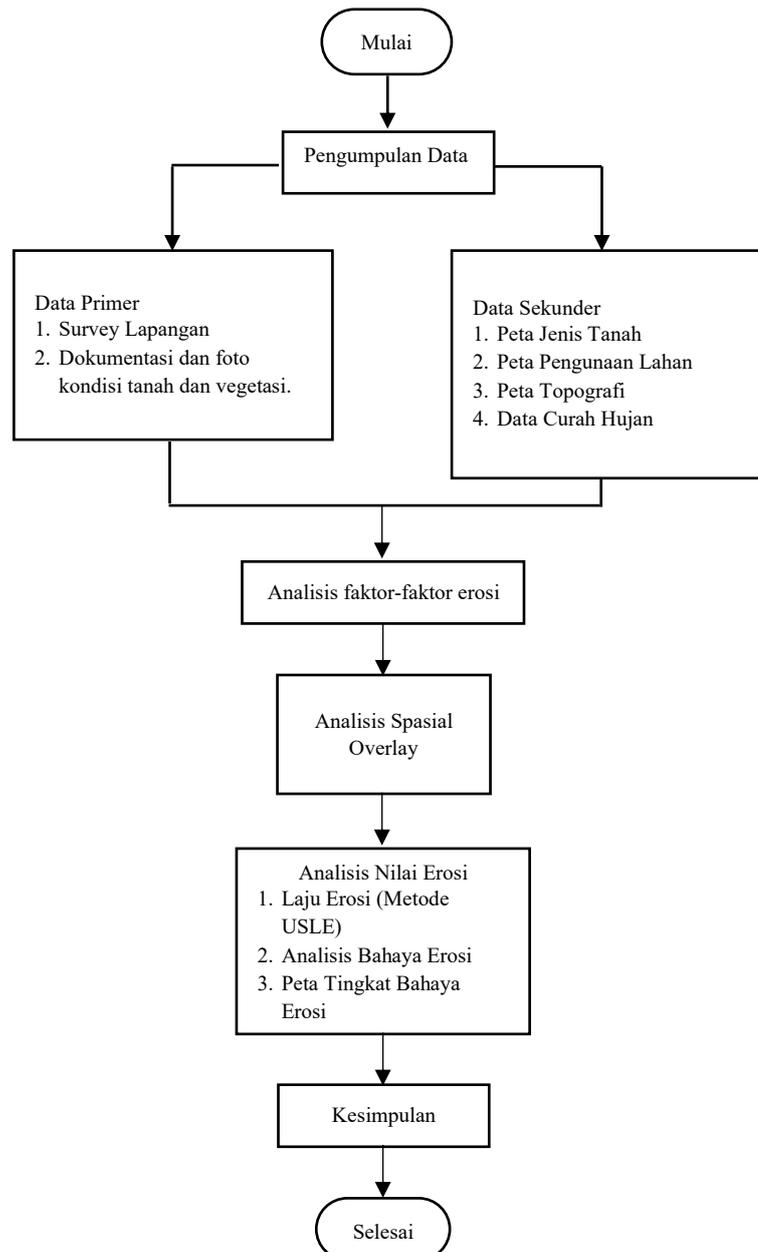
## **Sistem Informasi Geografis**

Hartoyo dan rekan-rekan (2010) menyatakan bahwa SIG adalah sebuah sistem berbantuan komputer yang memiliki kemampuan untuk mengolah, menganalisis, dan menyajikan data geografis secara sistematis dalam bentuk informasi yang dapat diinterpretasikan. Sistem Informasi Geografis adalah bagian dari pengolahan data untuk pemetaan, mencakup sistem basis data yang menjelaskan informasi (Munir, 2006).

## **Tahapan Analisis**

Tahapan analisis pada penelitian ini:

- a. Pengumpulan dan pengolahan data
  - Data citra satelit dan DEM.
  - Interpretasi penutup lahan
  - Delineasi wilayah DAS dengan tool hydrology pada SIG.
- b. Analisis faktor-faktor erosi
- c. Analisis spasial
  - Setiap parameter dijadikan layer peta tematik pada GIS.
  - Proses overlay untuk menghitung potensi erosi pada setiap grid lokasi.
  - Visualisasi hasil dalam bentuk peta tingkat potensi erosi (rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi).
- d. Analisis Data  
Data kuantitatif hasil perhitungan USLE akan dianalisis untuk melihat pola distribusi spasial erosi. Kemudian disajikan dalam bentuk peta tematik dan grafik untuk memudahkan interpretasi. Hasil ini dibandingkan dengan kondisi lapangan sebagai validasi.
- e. Pemetaan Hasil  
Hasil akhir disajikan dalam peta zonasi erosi (sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi)
- f. Validasi lapangan  
Membandingkan hasil pemodelan dengan kondisi aktual di lapangan.



**Gambar 1** Bagan alir penelitian

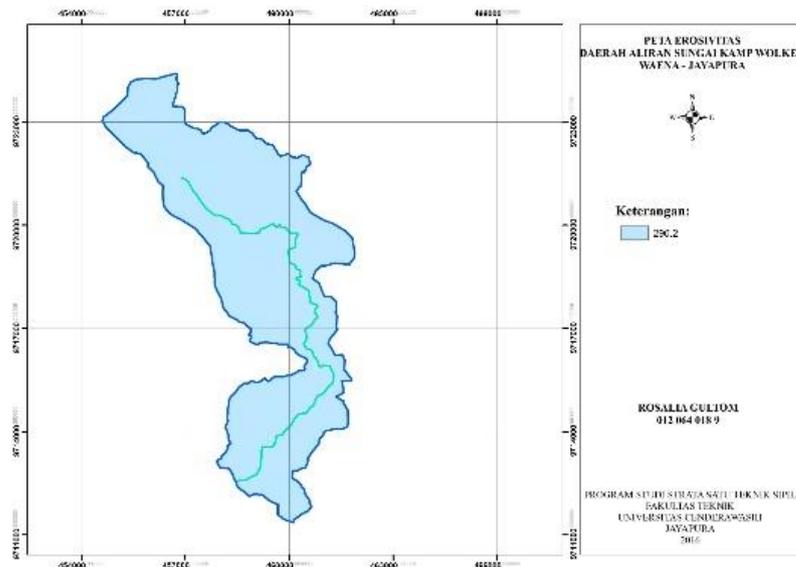
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Gambaran Umum Lokasi

Daerah Aliran Sungai Kamp Wolker seluas 3686 ha berada di wilayah distrik Heram, kota Jayapura. Sungai dengan panjang 15,08 km mengalir ke bawah dari lereng pegunungan Cycloops dari utara ke selatan dan berakhir di Danau Sentani.

#### Faktor Curah Hujan (R)

Penentuan nilai erosi (R) di Daerah aliran Sungai Kampwolker dilakukan dengan memanfaatkan data hujan selama 10 tahun dari tahun 2016-2025. Data curah hujan tersebut diproses menjadi peta tingkat erosi seperti yang terlihat pada Gambar 2.



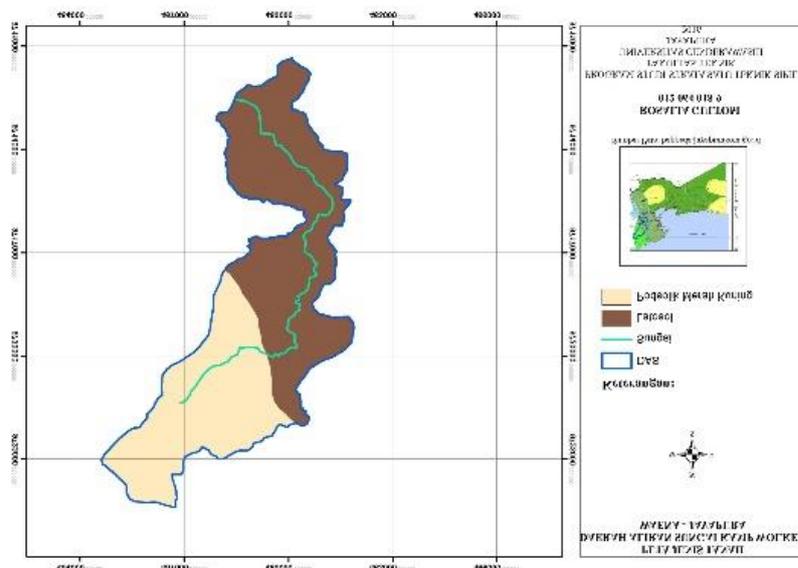
Gambar 2 Peta Erosivitas

### Erodibilitas Tanah (K)

Berdasarkan observasi lapangan dan analisis tipe tanah seperti yang tercantum dalam Tabel 5 dan Gambar 3, di area penelitian ditemukan 2 jenis tanah, yaitu Latosol dan Podsolik Merah Kuning.

Tabel 5 Jenis tanah

Jenis Tanah	K	Luas (Ha)	Luas %
Latosol	0,31	2.132,23	57,85
Podsolik Merah Kuning	0,32	1.553,36	42,15



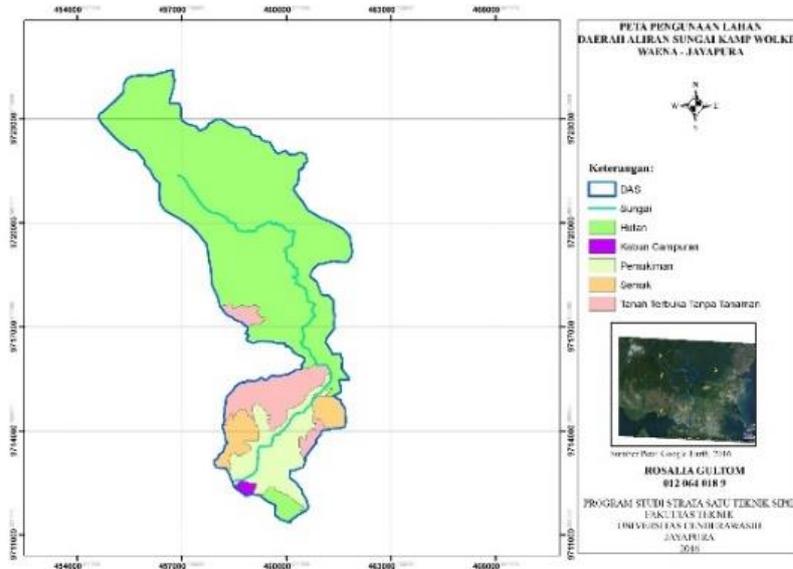
Gambar 3 Peta jenis tanah

**Penggunaan Lahan dan Pengelolaan Tanah (CP)**

Nilai faktor CP ditetapkan berdasarkan jenis penggunaan lahan serta pengelolaan lahan di setiap unit lahan dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Kamp Wolker. Dari analisis yang dilakukan, ditemukan 5 (lima) tipe penggunaan lahan, yaitu kebun campuran, hutan, pemukiman, semak, dan lahan terbuka tanpa tanaman. Nilai CP dari pemanfaatan lahan tersebut seperti yang tertera dalam tabel 6 dan dipetakan pada gambar 4.

**Tabel 6** Penggunaan lahan

Guna Lahan	Nilai C	Luas (Ha)	Luas %
Kebun Campuran	0,2	17,63	0,48
Hutan	0,001	2.705,81	73,41
Pemukiman	1	418,06	11,34
Semak	0,3	185,41	5,03
Tanah Terbuka Tanpa Tanaman	1	358,93	9,74



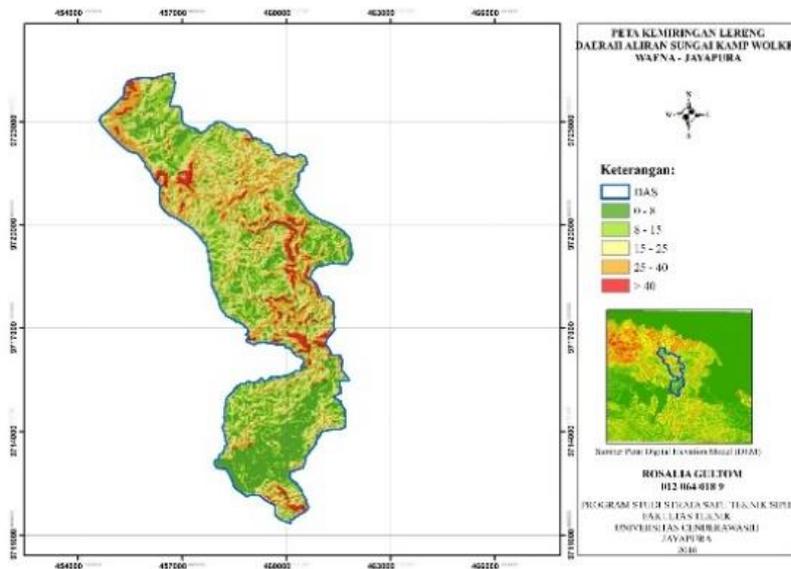
**Gambar 4** Peta penggunaan lahan

**Faktor Kemiringan Lereng**

Semakin tajam kemiringan lereng, maka tingkat erosi juga semakin tinggi. Kemiringan lereng didapat melalui analisis peta kontur. Analisis hasil dikelompokkan ke dalam 5 (lima) kategori seperti yang tertera pada Tabel 7 dan ditampilkan dalam peta pada Gambar 5.

**Tabel 7** Kemiringan lereng

Kelas Lereng	Kemiringan Lereng	Nilai LS	Luas (ha)	Luas %
I	0 - 8	0,4	716,55	19,46
II	8 - 15	1,4	960,37	26,09
III	15 - 25	3,1	1.093,97	29,72
IV	25 - 40	6,8	736,99	20,02
V	> 40	9,5	173,47	4,71



**Gambar 5** Peta Kemiringan lereng

### Tingkat Bahaya Erosi

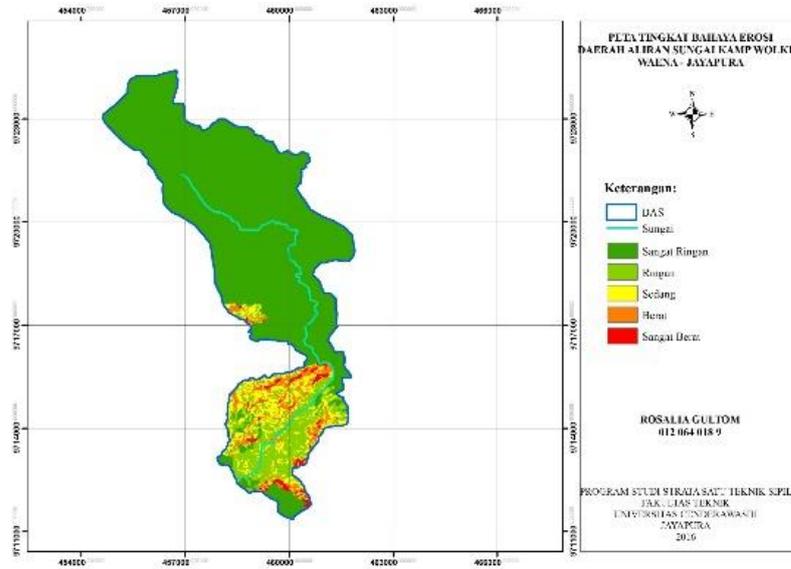
Menurut Herawati (2010), tingkat bahaya erosi (TBE) merupakan suatu klasifikasi untuk menilai besarnya risiko kerusakan tanah akibat erosi berdasarkan laju kehilangan tanah per satuan luas dan waktu. Perhitungan tingkat bahaya erosi dilakukan dengan overlay tiap peta faktor yang dihasilkan yaitu: peta erosivitas (R), peta erodibilitas (K), peta kelas lereng (LS), dan peta penggunaan lahan (CP). Besar erosi keseluruhan pada Daerah Aliran Sungai Kamp Wolker sebesar 2.989 ton/ha/tahun. Tingkat Bahaya Erosi (TBE) dikategorikan dalam 5 (lima) kategori seperti pada tabel 8. Erosi sangat ringan terjadi ada area seluas 2.753,12 ha, erosi ringan terjadi ada area seluas 401,34 ha, erosi sedang terjadi ada area seluas 286,46 ha, erosi berat terjadi ada area seluas 173,03 ha dan erosi sangat berat terjadi pada area seluas 48,21 ha. Tingkat Bahaya Erosi yang terjadi berdasarkan hasil analisis dipetakan pada Gambar 6.

**Tabel 8** Kelas tingkat bahaya erosi

No	Kelas TBE	Kehilangan Tanah (ton/ha/tahun)	Keterangan	Luas (ha)	Luas %
1.	I	< 15	Sangat Ringan	2.753,12	75,18
2.	II	15 – 60	Ringan	401,34	10,96
3.	III	60 – 180	Sedang	286,46	7,82
4.	IV	180 – 480	Berat	173,03	4,72
5.	V	> 480	Sangat Berat	48,21	1,32

**Tabel 9** Besar erosi

No	Kelas	Besar Erosi (ton/ha/tahun)
1.	Kelas 1	21,87
2.	Kelas 2	154,73
3.	Kelas 3	339,62
4.	Kelas 4	1.006,67
5.	Kelas 5	1.466,38
6.	Jumlah	2.989



**Gambar 6** Peta Tingkat Bahaya Erosi

#### 4. PENUTUP

##### Kesimpulan

Besar erosi total di Daerah Aliran Sungai Kamp Wolker mencapai 2.989 ton per tahun. Erosi yang berlangsung terbagi menjadi beberapa wilayah. Kriteria kelas untuk tingkat bahaya erosi yang terjadi beragam, mulai dari sangat ringan hingga sangat berat. Erosi sangat ringan terjadi di area seluas 2.753,12 ha, erosi ringan ada di area seluas 401,34 ha, erosi sedang melanda area seluas 286,46 ha, erosi berat terjadi di area seluas 173,03 ha, dan erosi sangat berat terdapat pada area seluas 48,21 ha.

##### Saran

Di wilayah dengan tingkat erosi tinggi, diperlukan langkah-langkah pencegahan erosi seperti konservasi tanah dan perbaikan pengelolaan lahan. Di wilayah dengan tingkat erosi rendah, penting juga untuk memperhatikan pengolahan dan konservasi tanah, supaya tidak muncul erosi yang lebih parah. Mayoritas tingkat bahaya erosi berat dan sangat berat terjadi di kawasan permukiman serta tanah terbuka yang tidak ada tanamannya, sehingga penulisan ini menyarankan kepada pihak berkepentingan untuk lebih memfokuskan perhatian pada wilayah tersebut sebagai prioritas dalam penanggulangan erosi. Parameter yang diterapkan dalam penelitian dengan software ArcGIS disarankan untuk melakukan validasi ulang guna memperoleh hasil yang lebih tepat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, C. (2024). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fahliza, U., P, D. D., & Sarino. (2013). Analisis Erosi Pada Subdas Lematang Hulu. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 32-39.

- Fitria, I., Sakka, & Arif, S. (2012). *Analisis Erosi Lahan Pertanian Dan Parameter Ekonomi Menggunakan Metode Nail (Net Agricultural Income Loss) Berbasis Sistem Informasi Geografis di Hulu DAS Jeneberang*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Hartoyo, G. M., Nugroho, Y., Bhirowo, A., & Khalil, B. (2010). *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG) Tingkat Dasar*. Bogor: Tropenbos International Indonesia Programme.
- Herawati, T. (2010). Analisis Spasial Tingkat Bahaya Erosi Di Wilayah Das Cisadane Kabupaten Bogor (Spatial Analysis of Erosion Danger Level at Cisadane Watershed Area Bogor District). *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 7(4), 413-424.
- Kironoto, B. A. (2000). *Diktat Kuliah Hidraulika*. Yogyakarta : PPS-Teknik.
- Mawardani, M. (2012). *Rekayasa Konservasi Tanah dan Air*. Yogyakarta: Bursa Ilmu.
- Meylina, E. (2015). *Estimasi Tingkat Erosi pada Sistem Tumpang Sari Kopi-Tanaman Semusim Menurut Metode MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation) di Desa Pace Kecamatan Silo Kabupaten Jember*. Jember: Universitas Jember.
- Munir, A. (2006). *Pengembangan Program Komputer Model Erosi Sistem Informasi Geografi*. Yogyakarta: Bigraf Publishing.
- Soemarto. (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Sutapa, I. W. (2010). Analisis Potensi Erosi Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Di Sulawesi Tengah. *SMARTek*, 8(3), 169 - 181.
- Triadmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.