

**ANALISIS PERUBAHAN LAJU EROSI PADA SUB DAS KEDUANG  
TAHUN 2016 – 2021 DENGAN METODE *UNIVERSAL SOIL LOSS  
EQUATION (USLE)***

Rihadatul Aisy<sup>\*)</sup>, Abdi Sukmono, Hana Sugiastu Firdaus

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788

Email : [rihadatulaisy@students.undip.ac.id](mailto:rihadatulaisy@students.undip.ac.id)<sup>\*)</sup>

**ABSTRAK**

Waduk Gajah Mungkur merupakan waduk serba guna yang terletak di Wilayah Wonogiri. Waduk Gajah Mungkur mengalami masalah serius, yaitu penumpukan sedimen di dasar danau. Penumpukan sedimen dapat menyebabkan pendangkalan pada waduk. Sedimentasi tersebut berasal dari erosi pada DAS yang mengalir ke Waduk Gajah Mungkur. Sub DAS Keduang merupakan bagian dari DAS Bengawan Solo yang mengalir ke Waduk Gajah Mungkur. Sub DAS ini merupakan penyumbang erosi terbesar pada waduk Gajah Mungkur. Adanya perubahan tutupan lahan dicurigai menjadi faktor utama tingginya laju erosi di Sub DAS Keduang. Perhitungan laju erosi di Sub DAS Keduang merupakan salah satu langkah dasar untuk pengelolaan DAS yang baik. Oleh karena itu, penelitian ini bermaksud untuk mengetahui perubahan laju erosi yang terjadi pada Sub DAS Keduang tahun 2016 – 2021 dan untuk mengetahui faktor penyebab terjadinya perubahan laju erosi. Metode yang digunakan adalah *Universal Soil Loss Equation (USLE)* dengan data yang digunakan berupa data curah hujan, data jenis tanah, Digital Elevation Model (DEM), Citra Spot, dan data administrasi. Hasil dari analisis yang diperoleh terjadi penurunan laju erosi dari tahun 2016 – 2021. Laju erosi dihasilkan pada tahun 2016 sebesar 1.829.554,91 ton/ha/thn kemudian turun menjadi 1.128.910,89 ton/ha/thn di tahun 2021. Perubahan tutupan lahan tidak terjadi secara signifikan sedangkan curah hujan turun cukup banyak sehingga curah menjadi faktor utama terjadi perubahan laju erosi di Sub DAS Keduang.

**Kata Kunci:** Sub DAS Keduang, Laju Erosi, USLE, Tutupan Lahan

**ABSTRACT**

*Gajah Mungkur Reservoir is a multi-purpose reservoir located in the Wonogiri Region. The Gajah Mungkur Reservoir is experiencing a serious problem, namely the accumulation of sediment at the bottom of the lake. Sediment buildup can cause siltation of reservoirs. The sedimentation comes from erosion of the watershed that flows into the Gajah Mungkur Reservoir. The Keduang watershed is part of the Bengawan Solo watershed which flows into the Gajah Mungkur Reservoir. This sub-watershed is the largest contributor to erosion of the Gajah Mungkur reservoir. Changes in land cover are suspected of being the main factor for the high rate of erosion in the Keduang watershed. Calculation of the erosion rate in the Tutupan watershed is one of the basic steps for good watershed management. Therefore, this study intends to determine changes in the rate of erosion that occurred in the Keduang watershed in 2016 – 2021 and to determine the factors causing changes in the rate of erosion. The method used is the Universal Soil Loss Equation (USLE) with the data used in the form of rainfall data, soil type data, Digital Elevation Model (DEM), Spot Imagery, and administrative data. The results of the analysis obtained decreased the erosion rate from 2016 – 2021. The erosion rate produced in 2016 was 1.829.554,91 tons/ha/year and then decreased to 1.128.910,89 tons/ha/year in 2021. Changes land cover did not occur significantly while rainfall fell quite a lot so that rainfall became the main factor in changes in the rate of erosion in the Keduang watershed.*

**Keywords:** Keduang Sub-watershed, Erosion Rate, USLE, Land Cover

<sup>\*)</sup> Penulis Utama, Penanggung Jawab

**I. Pendahuluan**

**I.1 Latar Belakang**

Waduk Gajah Mungkur merupakan waduk serba guna yang terletak di Wilayah Wonogiri. Danau ini memiliki luas sekitar 8.800 hektar dan digunakan untuk irigasi persawahan, pembangkit listrik, air minum, pariwisata dan perikanan. Dalam beberapa tahun terakhir, Waduk Gajah Mungkur mengalami

masalah serius, yaitu penumpukan sedimen di dasar danau, yang mengakibatkan terjadinya pendangkalan pada Waduk Gajah Mungkur. Sedimentasi yang terjadi di Waduk Gajah Mungkur berasal dari erosi sungai-sungai yang mengalir ke Waduk. Erosi yang terjadi pada DAS yang masuk ke waduk merupakan indikasi adanya masalah aliran DAS. Kepala Sub Bagian III Jasa Tirta Sumber Daya Air dan Jasa (ASA) Wilayah

Sungai Bengawan Solo pada Okezone.com (2016) mengatakan, Sub DAS Keduang merupakan pemasok terbesar sedimen Waduk Gajah Mungkur. Sub DAS Keduang merupakan bagian dari DAS Bengawan Solo, terletak di bagian tenggara Jawa Tengah. Terletak di bagian hulu, wilayah di sekitar Sub DAS Keduang memiliki wilayah yang subur, sehingga sangat cocok untuk pertanian.

Sebagai penyebab terbesar sedimentasi, Sub DAS Keduang tidak luput dari program reboisasi. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Fathoro (2016), pemerintah telah melaksanakan program penanaman pohon sejak tahun 2011 dan dilanjutkan kembali pada tahun 2016, mengikuti instruksi presiden dari gerakan KMDM, dan yang terbaru pada tahun 2020, Bapak Ir. Joko Widodo, Presiden Republik Indonesia melakukan kegiatan menanam pohon di desa yang dilewati oleh Sub DAS Keduang. Kegiatan reboisasi ini diharapkan dapat mengurangi laju erosi di DAS Gajah Mungkur, khususnya Sub DAS Keduang. Tingginya erosi sedimen pada Sub DAS Keduang serta program reboisasi yang dilaksanakan pada daerah tersebut menjadi latar belakang diadakannya penelitian ini.

Nilai laju erosi dapat digunakan sebagai salah satu sumber daya untuk menilai efektivitas program penghijauan yang dilaksanakan. Selain itu nilai ini juga dapat membantu mengetahui faktor penyebab terjadinya erosi. Perhitungan nilai laju erosi Sub DAS Keduang menggunakan metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Proses erosi ditentukan oleh faktor hidrologi, terutama intensitas curah hujan, topografi, komposisi tanah, tutupan lahan, tutupan vegetasi, dan tindakan konservasi. Berdasarkan parameter dalam identifikasi laju erosi, nilai laju erosi dapat berubah seiring dengan perubahan yang terjadi pada setiap parameter. Secara umum, sesuatu yang bergerak dan dapat berubah disebut dinamis (KBBI, 2023). Parameter dinamis pendukung laju erosi di Sub DAS Keduang adalah tutupan lahan dan curah hujan. Perubahan tutupan lahan pada area Sub DAS Keduang dicurigai sebagai faktor terbesar yang dapat mempengaruhi laju erosi.

Kajian mengenai perhitungan serta analisis laju erosi di Sub DAS Keduang melalui pembuatan peta menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG). Teknologi ini secara spasial dapat memetakan dan menggambarkan keadaan fisik area pencarian. Kondisi fisik inilah yang menjadi parameter penyebab terjadinya erosi. Dengan menggunakan GIS, metode ini dapat mengidentifikasi, menghitung dan memvisualisasikan daerah dengan tingkat erosi yang tinggi.

Penelitian mengenai Analisis Perkembangan laju erosi di DAS Keduang tahun 2016-2021 perlu dilakukan Hal itu dapat membantu pemerintah dalam melakukan evaluasi mengenai upaya reboisasi yang telah dilakukan dalam pelaksanaan pencegahan erosi khususnya di wilayah Sub DAS keduang serta sebagai acuan untuk Langkah pengelolaan lingkungan serta

pengawasan terhadap masa guna dari Waduk Gajah Mungkur.

## I.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah yakni:

1. Bagaimana perkembangan laju erosi di Daerah Aliran Sungai Keduang yang bermuara ke Waduk Gajah Mungkur pada tahun 2016 - 2021 ?
2. Bagaimana perubahan parameter dinamis terhadap perubahan laju erosi Sub DAS Keduang pada tahun 2016 – 2021 ?

## I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan diantaranya yaitu:

1. Mengetahui perkembangan laju erosi di Sub Daerah Aliran Sungai Keduang yang bermuara ke Waduk Gajah Mungkur pada tahun 2016 – 2021.
2. Mengetahui pengaruh perubahan parameter dinamis terhadap perubahan laju erosi Sub DAS Keduang tahun 2016 – 2021.

## I.4 Batasan Lingkup Penelitian

Adapun batasan penelitian yang dilakukan sesuai dengan tema penelitian yaitu:

1. Penelitian mengkaji perkembangan tentang laju erosi dalam rentang tahun 2016 – 2021
2. Daerah aliran sungai yang menjadi objek penelitian adalah Sub DAS Keduang yang berada di Kabupaten Wonogiri.
3. Unit terkecil dari perubahan tutupan lahan dan klasifikasi bahaya erosi pada penelitian ini adalah wilayah administrasi kecamatan yang termasuk ke dalam wilayah administrasi Sub DAS keduang.
4. Parameter yang digunakan untuk perhitungan laju erosi yaitu erosivitas hujan, faktor erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, faktor pengelolaan tanaman, serta faktor tindakan konservasi.

## II. Tinjauan Pustaka

### II.1 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah wilayah pegunungan yang dikelilingi oleh dataran yang menerima dan menyimpan air hujan dan masuk ke laut melalui sungai-sungai besar (Asdak, 2018). Di sisi lain, menurut Seyhan (1990), dapat didefinisikan sebagai sistem hidrologi yang dipengaruhi oleh curah hujan (hujan) sebagai input ke sistem. Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki karakteristik khusus yang berkaitan dengan faktor-faktor penting seperti jenis tanah, topografi, geologi, medan, vegetasi, dan penggunaan lahan.

### II.2 Sub DAS Keduang

Sub DAS Keduang, yang merupakan bagian dari DAS Bengawan Solo (sungai terpanjang di Jawa Tengah dengan luas DAS ±16.100 km<sup>2</sup> dan panjang total alur sungai ±600 km), berlokasi di bagian tenggara dari Jawa Tengah. Sub DAS Keduang mempunyai bentuk DAS menyebar. Hal ini sesuai dengan persebaran sungai dimana air berkumpul pada pada satu titik kemudian menyebar membentuk cabang.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aziz Anjar Santoso dkk (2017) jumlah erosi sedimen yang di hasilkan oleh Sub DAS Keduang merupakan yang terbesar dibandingkan dengan Sub DAS ataupun DAS lain yang bermuara ke Waduk Gajah Mungkur

Kondisi parameter pendukung laju erosi di Sub DAS Keduang cukup beragam. Pertama, wilayah Sub DAS Keduang termasuk daerah dengan intensitas curah hujan rendah hingga agak besar. Kedua, jenis tanah Sub DAS Keduang terdapat beberapa jenis. Berdasarkan Peta Tanah Tinjau Kabupaten Wonogiri dan Kabupaten Karanganyar Skala 1:250.000, wilayah Sub-DAS Keduang yang luasnya sekitar 42.261 ha memiliki 5 (lima) jenis tanah, yaitu : (a) Latosol Coklat Kemerahan seluas 29.612 ha (70,1%); (b) Litosol seluas 6.736 ha (15,9%); (c) Kompleks Andosol Coklat, Andosol Coklat Kekuningan, dan Litosol seluas 3.107 ha (7,4%); (d) Asosiasi Mediteran Coklat Kemerahan dan Mediteran Coklat seluas 1.969 ha (4,7%); dan (e) Asosiasi Litosol dan Mediteran Coklat seluas 837 ha (2,0%) (Pudjianto, 2009). Ketiga yaitu kelerengan, Sebagian besar wilayah ini berada pada kelerengan datar dan sisanya berada pada kelerengan landau hingga curam. Yang ke-empat mengenai tutupan lahan. Sebagian besar wilayah Sub DAS Keduang adalah wilayah pemukiman, sisanya terdiri dari hutan, sawah, ladang, dan perkebunan. Parameter terakhir yaitu tindakan konservasi. Wilayah Sub DAS Keduang sudah melaksanakan tindakan konservasi yaitu teras bangku

**II.3 Erosi**

Erosi merupakan suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan tanah bagian atas yang disebabkan oleh pergerakan air dan angin (Suripin, 2004). Erosi melibatkan tiga proses berturut-turut: pelepasan (pengelupasan), pengangkutan (transportasi), dan pengendapan (deposisi) material tanah karena faktor-faktor yang disebabkan oleh erosi (Asdak, 2002).

**II.4 Model Universal Soil Loss Equation (USLE)**

USLE adalah model erosi untuk memprediksi rata-rata erosi tanah jangka panjang di daerah pertanian dengan beberapa tanaman dan sistem manajemen (Wischmeier dan Smith, 1978). Model prediksi erosi USLE menggunakan persamaan empiris berikut: (Wischmeier, 1978)

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

Keterangan:

- A = Banyaknya tanah tererosi (ton/ha/ tahun)
- R = Faktor curah hujan,
- K = Faktor erodibilitas tanah
- LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng
- C = Faktor vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman
- P = Faktor tindakan konservasi tanah

**II.4.1 Erosivitas Hujan (R)**

Erosivitas curah hujan ditentukan untuk setiap satuan lahan. secara luas dianggap memiliki korelasi terbaik dengan kehilangan tanah yang terjadi di Indonesia. Metode penghitungan erosivitas hujan bergantung pada data curah hujan yang tersedia.

Erosivitas hujan terjadi akibat jatuhnya air hujan di atas tanah dan aliran air permukaan. Erosivitas curah hujan, menunjukkan potensi curah hujan untuk mengikis tanah, merupakan faktor penting untuk memahami proses hidrologi dan geomorfologi (Thomas dkk., 2018).

**II.4.2 Erodibilitas Tanah (K)**

Koefisien erosi tanah merupakan indikator kuantitatif dari kerentanan tanah terhadap erosi air. Sifat fisik tanah seperti struktur tanah, distribusi ukuran partikel, kandungan bahan organik dan permeabilitas air memiliki pengaruh yang signifikan terhadap erosi tanah. Biasanya, tanah dengan erosi rendah dicirikan oleh kandungan pasir halus dan lumpur yang rendah, struktur yang baik, kandungan bahan organik yang tinggi, dan permeabilitas air yang tinggi.

**II.4.3 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)**

Faktor panjang dan kemiringan lereng merupakan perbandingan antara besarnya erosi untuk setiap indeks erosi tanah berdasarkan panjang dan kemiringan lahan dengan besarnya erosi pada lahan uji. Lereng Kemiringan lereng dalam persen atau derajat (Thomas dkk., 2018).

**II.4.4 Faktor Pengelolaan Tanaman (C)**

Faktor tutupan tanaman dan pengelolaan tanaman adalah rasio erosi lahan untuk menutupi tanaman yang mengelola tanaman tertentu pada sebidang tanah yang sama tanpa tanaman.(Asdak, 2018). Semakin rendah nilai erosi, semakin baik perlindungan permukaan tanah oleh tanaman atau vegetasi yang dapat dimakan. Oleh karena itu factor C dapat mengalami perubahan secara dinamis.

**II.4.5 Faktor Tindakan Konservasi**

Faktor tindakan konservasi adalah tindakan konservasi tanah yang merupakan perbandingan erosi tanah dengan tindakan konservasi khusus seperti jalur berkontur atau budidaya teras terhadap erosi yang terjadi pada lahan. (Asdak 2018). Setiap tindakan konservasi memiliki nilai tertentu.

**II.5 Klasifikasi Tingkat Bahaya Erosi**

Peringkat bahaya erosi adalah perkiraan jumlah maksimum tanah yang dapat hilang dari area tersebut tanpa mengubah pengelolaan tanah dan praktik konservasi. Untuk mempertahankan produktivitas tanah yang tinggi, jumlah maksimum kehilangan tanah harus kurang dari atau sama dengan jumlah tanah yang terbentuk oleh proses pembentukan tanah (Hardjowigeno dan Widiatmaka, 2007).

Berdasarkan Kementrian Kehutanan (1998), klasifikasi bahaya erosi ditunjukkan pada **Tabel II-1**.

**Tabel II-1** Tingkat Bahaya Erosi

No	Klasifikasi	Kehilangan Tanah (ton/ha/thn)	Keterangan
1	I	<15	Sangat ringan
2	II	16 – 60	Ringan
3	III	60 - 180	Sedang
4	IV	180 - 400	Berat
5	V	>400	Sangat Berat

**II.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Secara umum, SIG didefinisikan sebagai input, penyimpanan, modifikasi, pemutakhiran, pengelolaan, manipulasi, integrasi, analisis, dan tampilan data geografis (Rosdania, 2015). SIG memiliki kemampuan untuk menghubungkan, menggabungkan, menganalisis, dan pada akhirnya memetakan hasil data yang heterogen dari berbagai titik di permukaan bumi. Data yang diolah oleh sistem informasi geografis adalah data spasial, yaitu data orientasi geografis berdasarkan sistem koordinat tertentu. GIS dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti: lokasi, kondisi, tren, pola, pemodelan. Fitur ini yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya.

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Alat dan Data Penelitian**

Berikut adalah peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

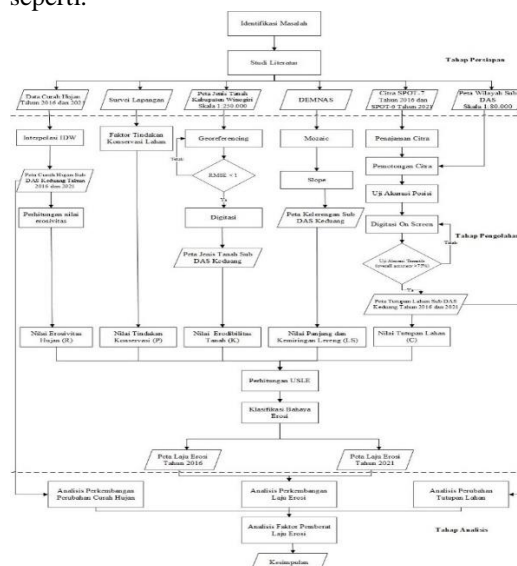
1. Perangkat Keras (*Hardware*) yang digunakan adalah Laptop HP 14s-cf0xxx
2. Perangkat Lunak yang digunakan antara lain:
  - a. ArcGIS Desktop 10.7
  - b. Microsoft Office Word 2019
  - c. Microsoft Office Excel 2019
  - d. Microsoft Office Visio 2019

Data yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Peta batas administrasi Sub DAS Keduang Skala 1:80.000 Tahun 2017
2. Data intensitas curah hujan tahun 2016 dan tahun 2021.
3. Peta jenis tanah Kabupaten Wonogiri Skala 1:250.000 tahun 1966
4. *Digital Elevation Model* (DEM)
5. Citra SPOT-7 tahun 2016 dan SPOT-6 tahun 2021 Wilayah Sub DAS Keduang yang sudah terorthorektifikasi
6. Data hasil validasi parameter tutupan lahan
7. Data hasil uji akurasi posisi Citra.

**III.2 Diagram Alir**

Penelitian ini membutuhkan diagram alir seperti:



**Gambar III-1** Diagram Alir Penelitian

**III.3 Pelaksanaan Penelitian**

Tahapan pelaksanaan penelitian menurut diagram alir adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan  
Tahap ini merupakan tahap awal dimulainya penelitian. Tahap ini dibutuhkan untuk mempersiapkan semua data yang digunakan untuk perhitungan nilai laju Erosi di Sub DAS Keduang.
2. Tahap Pengolahan  
pengolahan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu masing masing parameter pendukung laju erosi dan perhitungan USLE.
3. Tahap Analisis  
Analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu analisis secara deskriptif mengenai hasil pengolahan parameter , hasil perhitungan laju erosi, perubahan laju erosi Sub DAS Keduang tahun 2016 – 2021, dan Analisis terhadap perubahan parameter dinamis.

**III.4 Pengolahan Parameter USLE**

**III.4.1 Faktor Erosivitas Hujan (R)**

Prosen penentuan erosivitas hujan dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama menentukan curah hujan di wilayah Sub DAS Keduang dengan menggunakan interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighted*). Kedua menghitung nilai erosivitas hujan dengan menggunakan persamaan lenvain.

**III.4.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)**

Faktor erodibilitas tanah menggunakan data jenis tanah dari Dinas Pertanian Kabupaten Wonogiri. Kemudian dilanjutkan dengan pemberian nilai indeks K mengikuti nilai dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Puslitbang Pengairan Bogor tahun 1985.

**III.4.3 Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)**

Proses penentuan nilai LS menggunakan DEM diawali dengan membuat raster slope. Selanjutnya dilakukan klasifikasi menjadi lima kelas kelerengan. Adapun klasifikasi kelerengan dapat dilihat pada Tabel

**Tabel III-1** Klasifikasi Kelerengan

Kelas Lereng	Keterangan	Nilai LS
0 - 8 %	Datar	0,4
8 - 15 %	Landai	1,4
15 - 25 %	Agak Curam	3,1
25 - 40 %	Curam	6,8
> 40 %	Sangat Curam	9,5

Sumber : Kironoto (2003) dalam Sutapa (2010)

**III.4.4 Faktor Pengelolaan Tanaman (C)**

Faktor pengelolaan tanaman menggunakan nilai tutupan lahan yang ada di Sub DAS Keduang. Pembuatan peta tutupan lahan menggunakan metode digitasi *on screen* pada citra spot dilanjutkan dengan pemberian nilai indeks C yang bersumber dari (Asdak,2018).

**III.4.5 Faktor Tindakan Konservasi (P)**

Untuk mengetahui tindakan konservasi lahan yang dilakukan di sekitar Sub DAS Keduang dilakukan dengan metode wawancara. Adapun narasumbernya terdiri dari Penyuluh Kehutanan Lapangan wilayah

kerja Kabupaten Wonogiri, Cabang Dinas Kehutanan wilayah XI provinsi Jawa Tengah.

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1 Parameter Laju Erosi**

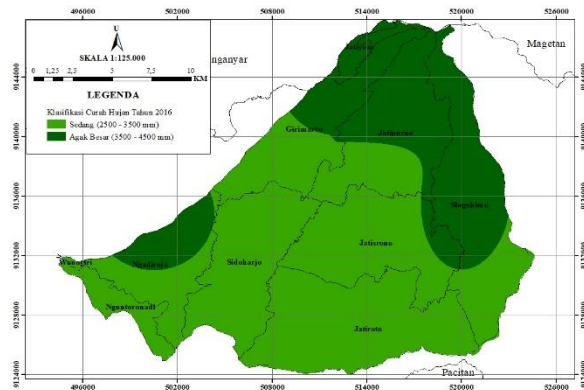
**IV.1.1 Erosivitas Hujan (R)**

Berdasarkan hasil interpolasi IDW curah hujan yang terdapat di Sub DAS Keduang terbagi kepada tiga klasifikasi dengan rincian terdapat pada **Tabel IV-1**.

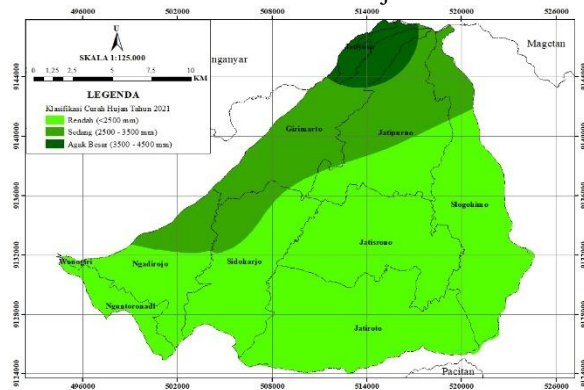
**Tabel IV-1** Klasifikasi Curah Hujan Sub DAS Keduang

Klasifikasi Curah Hujan	Luas (ha)	
	2016	2021
Rendah (<2500 mm/tahun)	0	28.334,687
Sedang (2500 - 3500 mm/tahun)	12.592,703	9.674,500
Agak Besar (3500 - 4500 mm/tahun)	27.131,766	1.715,297

Rincian tabel di atas mengacu pada Peraturan Menteri Kehutanan No 32 Tahun 2009. Adapun peta curah hujan Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Gambar IV-1** dan **Gambar IV-2**



**Gambar IV-1** Peta Curah Hujan Tahun 2016



**Gambar IV-2** Peta Curah Hujan Tahun 2021

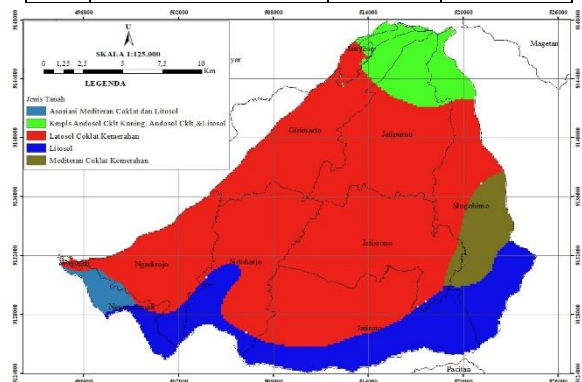
Terdapat perbedaan intensitas curah hujan di tahun 2016 dengan 2021. Perbedaan ini juga menyebabkan terjadinya perubahan nilai erosivitas yang dihasilkan. Nilai erosivitas tertinggi di Sub DAS Keduang pada tahun 2016 yaitu sebesar 8482,3 MJ.cm/ha.jm/th dan nilai terendah yang diperoleh yaitu 5400,74 MJ.cm/ha.jm/th sedangkan untuk tahun 2021 nilai erosivitas tertinggi yang diperoleh yaitu 7858,22 MJ.cm/ha.jm/th dan nilai terendah yang diperoleh yaitu 2507,81 MJ.cm/ha.jm/th.

**IV.1.2 Erodibilitas Tanah**

Erodibilitas tanah (K) di Sub DAS Keduang diperoleh berdasarkan jenis tanah yang tersebar pada wilayah tersebut. Jenis tanah yang terdapat di wilayah Sub DAS Keduang ada lima jenis. Distribusi jenis tanah dan nilai erodibilitas (K) yang terdapat di Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Tabel IV-2** dan **Gambar IV-3**.

**Tabel IV-2** Jenis Tanah Sub DAS Keduang

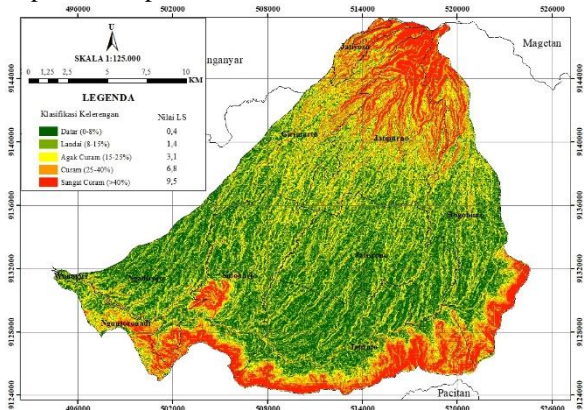
No	Jenis	Nilai K	Luas (ha)
1	Asosiasi Mediteran Coklat dan Litosol	0,273	640,471
2	Kmpls Andosol Cklt Kuning, Andosol Cklt,&Litosol	0,271	2.886,103
3	Latosol Coklat Kemerahan	0,121	27.212,995
4	Litosol	0,191	6.914,052
5	Mediteran Coklat Kemerahan	0,323	1.949,859



**Gambar IV-3** Peta Jenis Tanah Sub DAS Keduang

**IV.1.3 Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)**

Sub DAS Keduang berada pada wilayah dengan topografi yang bervariasi. Sub DAS Keduang memiliki nilai kelergangan di semua variasi. Berdasarkan **Tabel III-1** nilai LS yang paling mendominasi pada wilayah ini adalah 3,1. Peta Kelergangan Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Gambar IV-4**.



**Gambar IV-4** Peta Kelergangan Sub DAS Keduang

**IV.1.4 Faktor Pengelolaan Tanaman**

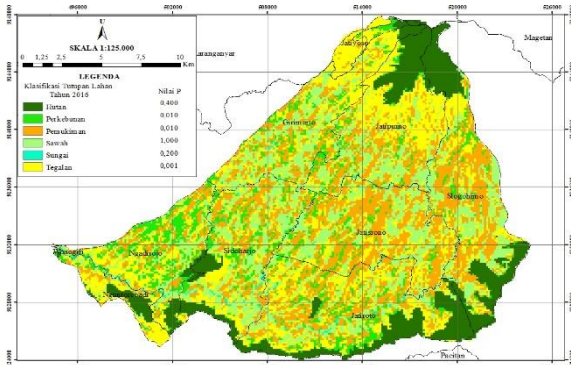
**A. Peta Tutupan Lahan**

Faktor pengelolaan tanaman (C) merupakan hasil digitasi peta tutupan lahan Sub DAS Keduang. Terdapat dua peta tutupan lahan yang digunakan pada

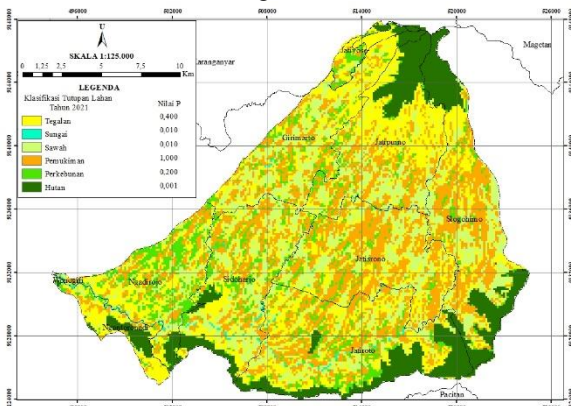
penelitian ini, yaitu tutupan lahan tahun 2016 dan tutupan lahan tahun 2021. Tutupan lahan yang memiliki luas paling besar di wilayah ini yaitu pemukiman dengan luas 10.664,084 ha pada tahun 2016 dan 10.739,388 ha pada tahun 2021. Luas masing – masing tutupan lahan pada Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Tabel IV-4** dan peta tutupan lahan pada **Gambar IV-5** untuk petan tahun 2016 **Gambar IV-6** untuk peta tahun 2021.

**Tabel IV-3** Tutupan Lahan Sub DAS Keduang

Tutupan Lahan	Luas (ha)	
	2016	2021
Hutan	5.157,707	5.050,355
Perkebunan	4.109,239	4.138,529
Pemukiman	10.706,041	10.777,508
Sawah	8.950,772	9.096,847
Sungai	299,792	295,442
Tegalan	10.699,953	10.564,824



**Gambar IV-5** Peta Tutupan Lahan Sub DAS Keduang Tahun 2016



**Gambar IV-6** Peta Tutupan Lahan Sub DAS Keduang Tahun 2021

**B. Uji Akurasi**

Uji akurasi yang dilakukan untuk parameter ini ada uji akurasi tematik. Uji akurasi tematik pada penelitian ini perlu dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi digitasi dan sebagai pembaharuan data pada tahun 2021. Pada uji akurasi tematik perlu dipertegas populasi dan sampel yang akan digunakan. Klasifikasi tata guna lahan dalam penelitian ini terdiri dari lima klasifikasi yaitu hutan, pemukiman, perkebunan,

sawah, tegalan, dan sungai. Adapun rincian sampel uji akurasi tematik dapat dilihat pada **Tabel IV-4**. Perhitungan jumlah sampel uji mengacu pada ISO TC 2111 N tahun 2013.

**Tabel IV-4** Sampel Uji Akurasi Tematik

No	TUTUPAN LAHAN	Jumlah Populasi	Jumlah Sampel
1	Hutan	20	1
2	Perkebunan	631	19
3	Pemukiman	702	22
4	Sawah	3.790	117
5	Sungai	66	2
6	Tegalan	1.292	40

Hasil uji akurasi yang telah dilakukan dapat dilihat melalui matriks kesalah klasifikasi. Matriks kesalahan klasifikasi adalah merupakan matriks yang memberikan informasi jumlah unsur pada kelas (i) yang diklasifikasikan kedalam kelas (j). Matriks kesalahan klasifikasi memudahkan untuk mengidentifikasi klasifikasi hasil digitasi yang mengalami kesalahan setelah dilakukan survei lapangan. Matriks Kesalahan klasifikasi Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Tabel IV-5**.

**Tabel IV-5** Matriks Kesalahan Klasifikasi

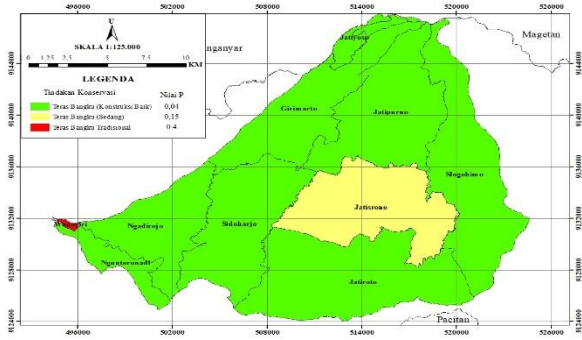
Digitasi /Lapangan	Hutan	Kebun	Pemukiman	Sawah	Sungai	Tegalan	Jumlah
Hutan	1	0	0	0	0	0	1
Kebun	0	19	0	0	0	0	19
Pemukiman	0	0	22	0	0	0	22
Sawah	0	0	0	106	0	3	109
Sungai	0	0	0	0	2	0	2
Ladang	0	0	0	11	0	37	48
Jumlah	1	19	22	117	2	40	201

Nilai akurasi diperoleh berdasarkan perhitungan *overall accuracy*. Nilai tiap elemen pada proses perhitungan *overall accuracy* didapatkan dari matriks kesalahan klasifikasi. Adapun hasilnya yaitu

$$OA = \frac{(1 + 19 + 22 + 106 + 2 + 37)}{201} \times 100\% = 93,04\%$$

**IV.1.5 Faktor Tindakan Konservasi**

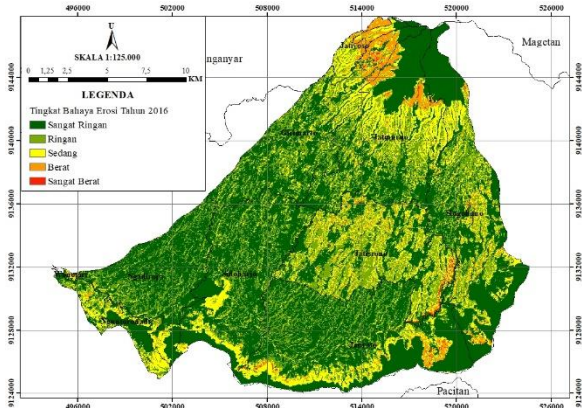
Tindakan konservasi yang diperoleh merupakan hasil tindakan untuk satu wilayah kecamatan tanpa membedakan faktor tutupan lahan dan tingkat keterlerangan yang ada pada wilayah tersebut. Jenis tindakan konservasi lahan yang mempunyai nilai faktor P terkecil adalah pengolahan tanah dengan menggunakan teknik konservasi teras bangku yang baik. Teras bangku digunakan sebagai bidang olah pada lahan miring dan bertujuan untuk menyerap aliran permukaan dan mengendalikan erosi. Sebagian besar wilayah di Sub DAS Keduang sudah dibangun teras bangku, dengan kondisi yang baik, sehingga faktor pengelolaan lahan yang menggunakan teras bangku di Sub DAS Keduang tidak memberikan kontribusi besar terhadap terjadinya erosi. Adapun peta penggambaran tindakan konservasi di Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Gambar IV-7**.



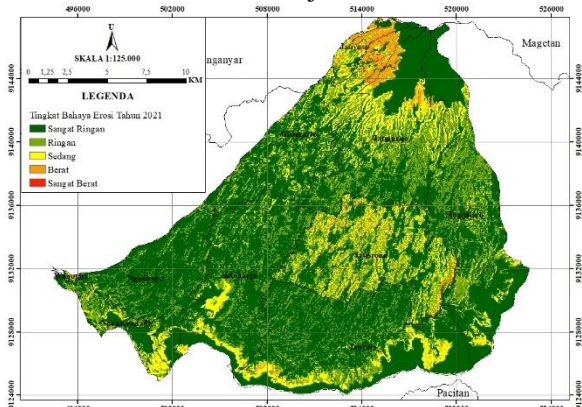
Gambar IV-7 Peta Tindakan Konservasi Sub DAS Keduang

IV.2 Peta Klasifikasi Bahaya Erosi

Peta laju erosi merupakan peta yang menggambarkan tingkat bahaya erosi yang terjadi pada suatu wilayah. Dalam pembuatannya peta laju erosi ini menggunakan persamaan USLE yang kemudian dibagi menjadi kelas sangat ringan, ringan, sedang- berat, dan sangat berat. Berdasarkan indeks parameter penentu laju erosi maka didapatkan hasil perhitungan sebaran laju erosi di daerah Sub DAS Keduang yang terbagi dalam 5 kelas laju erosi. Peta sebaran laju erosi Sub DAS Keduang dapat dilihat pada Gambar IV-8 untuk tahun 2016 dan Gambar IV-9 untuk tahun 2021.



Gambar IV-8 Peta Laju Erosi Tahun 2016



Gambar IV-9 Peta Laju Erosi Tahun 2021

Nilai laju erosi yang dihasilkan oleh Sub DAS Keduang Sebagian besar berada pada tingkatan sangat rendah baik di tahun 2016 maupun tahun 2021. Pada tahun 2016 nilai erosi tertinggi yang dihasilkan adalah 2.077,56 ton/ha/thn dan nilai terendah yang dihasilkan yaitu 0.011 ton/ha/thn. Sedangkan nilai erosi

tertinggi yang dihasilkan pada tahun 2021 yaitu 1.020,29 ton/ha/thn dan nilai terendah yaitu 0,007 ton/ha/thn. Nilai ini merupakan hasil perhitungan satu wilayah seluas 12,5 x 12,5 m.

Laju erosi Sub DAS Keduang yang terjadi pada tahun 2016 sebesar 1.829.554,91 ha/ton/tahun. Nilai laju erosi tertinggi dihasilkan oleh Kecamatan Jatisrono yaitu sebesar 543.553,28 ton/ha/tahun. Nilai terendah yang diperoleh yaitu 18.949,08 ton/ha/tahun berada pada wilayah Kecamatan Wonogiri. Adapun rincian nilai laju erosi di wilayah Sub DAS Keduang pada tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel IV-6.

Tabel IV-6 Hasil Perhitungan Laju Erosi Tahun 2016

Kecamatan	Nilai Laju Erosi (ton/ha/thn)	Luas (ha)				
		Sangat Ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
Girimarno	221527,79	2084,97	1119,03	867,98	311,55	19,57
Jatipurno	235973,07	2487,76	1183,20	1572,85	342,71	9,90
Jatiroto	170265,16	4349,93	1527,84	1114,35	180,41	6,45
jatisrono	543553,28	1672,56	1741,14	1300,96	657,07	64,80
Jatiyoso	74633,70	147,62	143,31	190,62	174,76	2,19
Ngadirojo	106021,04	2245,28	1055,05	313,88	17,17	0,59
Nguntoronadi	67671,04	520,18	221,97	394,82	39,32	1,42
Sidoharjo	121791,21	3040,00	1204,08	783,62	26,00	0,42
Slogohimo	269169,54	3339,44	1169,42	348,26	348,26	7,69
Wonogiri	18949,08	18,98	5,33	9,82	6,08	2,93
Jumlah	1829554,91	19906,70	9370,36	6897,16	2103,34	115,97

Selanjutnya yaitu hasil prediksi laju erosi pada tahun 2021. Pada tahun ini laju erosi total yang dihasilkan sebanyak 1.128.910,89 ton/ha/tahun. Nilai tertinggi laju erosi masih berada pada Kecamatan Jatisrono yaitu sebesar 270.213,76 ton/ha/tahun. Sedangkan nilai erosi terendah disumbangkan oleh Kecamatan Wonogiri yaitu sebesar 10.807,62. Seperti tahun 2016, klasifikasi laju erosi yang diperoleh mayoritas berada pada tingkatan sangat rendah dengan total wilayah seluas 22.831,19 ha. Adapun rincian nilai laju erosi di wilayah Sub DAS Keduang pada tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel IV-5.

Tabel IV-7 Hasil Perhitungan Laju Erosi Tahun 2021

Kecamatan	Nilai Laju Erosi (ton/ha/thn)	Luas (ha)				
		Sangat Ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
Girimarno	181126,41	2371,82	894,99	831,04	286,07	19,93
Jatipurno	166665,05	2749,24	1666,29	989,92	189,07	1,28
Jatiroto	119402,23	4827,85	1570,60	707,04	60,13	0,00
Jatisrono	270213,76	2070,02	1612,91	1155,54	568,98	29,09
Jatiyoso	57953,31	151,94	139,82	187,73	175,03	2,28
Ngadirojo	69335,51	2768,22	698,94	168,93	3,25	0,00
Nguntoronadi	36966,17	581,57	362,21	223,99	6,81	0,00

**Tabel IV-8** Sambungan Hasil Perhitungan Laju Erosi Tahun 2021

Kecamatan	Nilai Laju Erosi (ton/ha/thn)	Luas (ha)				
		Sangat Ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
Sidoarjo	79147,07	3435,00	1113,54	484,39	14,17	0,00
Slogohimo	137293,76	3854,81	1669,65	573,31	13,60	0,00
Wonogiri	10807,62	20,72	4,58	9,63	7,30	3,11
Jumlah	1128910,89	22831,19	9733,53	5331,51	1324,40	55,69

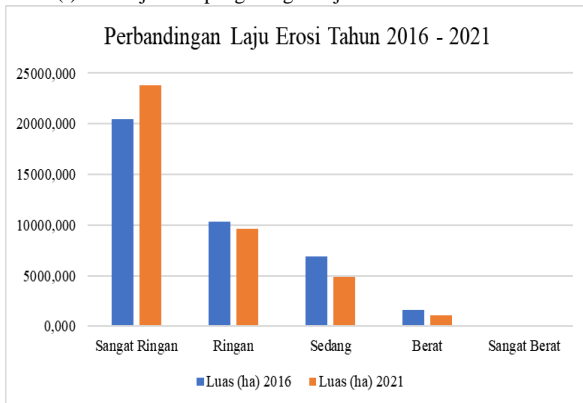
**IV.3 Analisis Perubahan Laju Erosi**

Berdasarkan pengolahan yang telah dilakukan, terdapat perbedaan nilai laju erosi antara tahun 2016 dan 2021. Hal ini membuktikan terjadinya perubahan laju erosi dalam rentang waktu 2016 – 2021. Pada rentang waktu tersebut, laju erosi di wilayah Sub DAS Keduang mengalami penurunan. Rincian perubahan sebaran laju erosi serta perbandingan luasan tingkatan laju erosi yang terjadi di Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Tabel IV-9** dan **Gambar IV-10**

**Tabel IV-9** Perubahan Laju Erosi Sub DAS Keduang

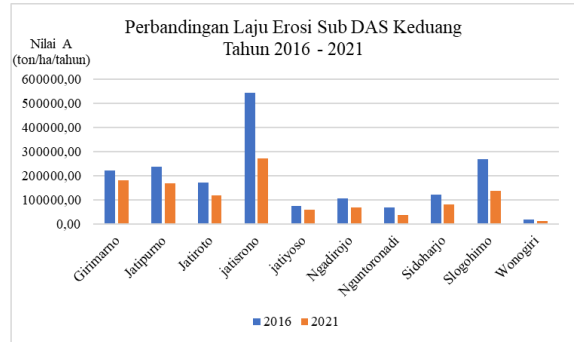
TBE	Luas (ha)		Perubahan (ha)
	2016	2021	
Sangat Ringan	20.501,651	23.807,227	+3.305,576
Ringan	10.306,711	9.657,423	-649,288
Sedang	6.882,193	4.895,599	-1.986,594
Berat	1.648,485	1.063,763	-584,722
Sangat Berat	131,273	44,793	-86,480

Keterangan : tanda positif (+) menunjukkan penambahan laju erosi tanda (-) menunjukkan pengurangan laju erosi



**Gambar IV-10** Perbandingan Tingkatan Laju Erosi Sub DAS Keduang

Berdasarkan data di atas, terjadi penurunan laju erosi pada Sub DAS Keduang. Penurunan ini berdampak pada luas wilayah yang mengalami erosi sangat ringan di tahun 2016 menjadi bertambah banyak di tahun 2021. Penurunan laju erosi ini berbeda jumlah di setiap kecamatan yang termasuk wilayah Sub DAS Keduang. Perbandingan perbedaan laju erosi di Sub DAS Keduang di setiap kecamatan dapat dilihat pada **Gambar IV-11**



**Gambar IV-11** Perbandingan Laju Erosi Sub DAS Keduang Tahun 2016 - 2021

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa penurunan laju erosi yang paling signifikan terdapat di Kecamatan Jatisrono. Pada tahun 2016, jumlah total laju erosi yang terjadi di Kecamatan ini yaitu 543.553,28 ton/ha/tahun kemudian turun menjadi 270.213,76 ton/ha/tahun. Perubahan laju erosi di Sub DAS Keduang terjadi secara keseluruhan pada setiap kecamatan.

**IV.4 Analisis Faktor Pengaruh Perubahan Laju Erosi**

Terjadinya perubahan laju erosi di Sub DAS keduang tidak terlepas dari pengaruh perubahan parameter pendukung laju erosi. Parameter laju erosi berbanding lurus dengan nilai laju erosi sehingga peningkatan ataupun penurunan intensitas masing-masing parameter sangat berpengaruh terhadap besar atau kecilnya laju erosi. Dalam persamaan USLE, parameter yang memungkinkan untuk mengalami perubahan adalah erosivitas hujan (R), Panjang dan kemiringan lereng (LS), pengelolaan tanaman (C), dan tindakan konservasi (P). Pada rentang waktu 2016 – 2021, parameter laju erosi yang terlihat mengalami perubahan di Sub DAS Keduang adalah erosivitas hujan dan faktor pengelolaan tanaman. Perubahan nilai R disebabkan oleh berubahnya curah hujan yang turun sedangkan perubahan nilai C disebabkan oleh perubahan tutupan lahan yang terjadi di Sub DAS Keduang.

**IV.4.1 Faktor Tutupan Lahan**

Perubahan penggunaan lahan adalah merupakan bentuk peralihan dari penggunaan lahan sebelumnya ke penggunaan lain. Perubahan lahan dapat dideteksi melalui pengamatan pada waktu yang berbeda, dengan melakukan kuantifikasi pengaruh – pengaruh temporal menggunakan serangkaian data pada jangka waktu tertentu. Perubahan tutupan lahan sering terjadi karena manusia mengalami kondisi yang berubah pada waktu yang berbeda. Perubahan tutupan lahan pada Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Tabel IV-10**.

**Tabel IV-10** Perubahan tutupan Lahan Sub DAS Keduang Tahun 2016 - 2021

Tutupan Lahan	Perubahan Luas	
	ha	%
Hutan	-107,352	-0,27
Perkebunan	+29,29	+0,07



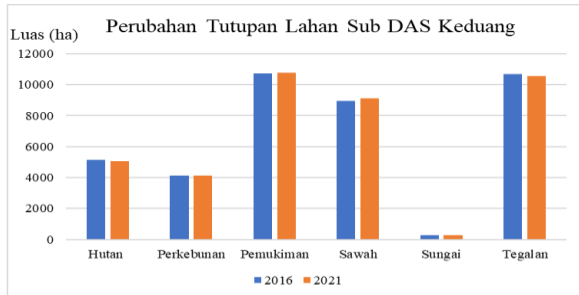
**Tabel IV-11** Sambungan Perubahanutupan Lahan Sub DAS Keduang Tahun 2016 – 2021

Tutupan Lahan	Perubahan Luas	
	ha	%
Pemukiman	+71,467	+0,18
Sawah	+146,075	+0,37
Sungai	-4,351	-0,01
Tegalan	-135,13	-0,34

Keterangan : tanda positif (+) menunjukkan penambahan luas lahan tanda (-) menunjukkan pengurangan luas lahan

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa dalam kurun waktu enam tahun yaitu dari tahun 2016 sampai tahun 2021 terjadi perubahan tutupan lahan di Sub Das Keduang. tutupan lahan yang mengalami peningkatan paling banyak yaitu sawah kemudian diikuti dengan pemukiman dan perkebunan sedangkan tutupan lahan hutan, sungai, dan tegalan mengalami penurunan jumlah luasan.

Walaupun terjadi perubahan luasan tutupan lahan, namun hal tersebut bukanlah termasuk perubahan yang signifikan pada sebuah kawasan. Seperti yang terlihat pada **Tabel IV-4** perubahan yang terjadi pada tutupan lahan tersebut hanya mengalami sedikit perubahan dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2021. Grafik perbandingan tutupan lahan Sub DAS Keduang tahun 2016 dan 2021 dapat dilihat pada **Gambar IV-12**.



**Gambar IV-12** Perbandingan Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2016-2021

Secara terperinci perubahan tutupan lahan yang terjadi di Sub DAS Keduang terdapat pada **Tabel IV-12**

**Tabel IV-12** Matriks Perubahan Tutupan Lahan

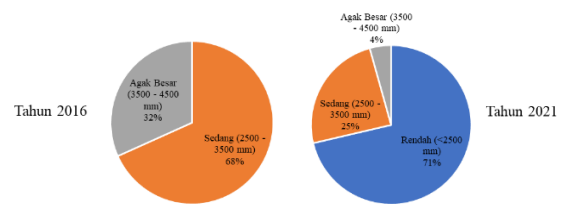
Luas (ha)	Tutupan Lahan Tahun 2021						Jumlah (ha)
	Hutan	Perkebunan	Pemukiman	Sawah	Sungai	Tegalan	
Hutan	5014	70	18	18	0	39	5158
Perkebunan	0	3905	2	4	0	198	4109
Pemukiman	0	0	10706	0	0	0	10706
Sawah	0	1	0	8946	0	4	8951
Sungai	0	4	0	0	295	0	300
Tegalan	37	159	51	129	0	10325	10700
Jumlah (ha)	5050	4139	10778	9097	295	10565	39924

Perubahan tutupan lahan ini tersebar di tujuh kecamatan yang ada di Sub DAS Keduang. Kecamatan yang paling banyak mengalami perubahan tutupan lahan adalah Kecamatan Ngadirojo dan kecamatan yang tidak mengalami perubahan tutupan lahan adalah Kecamatan Jatipurno, Kecamatan Jatisrono, dan Kecamatan Wonogiri.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan dengan Petugas Penyuluh Kehutanan Lapangan Kabupaten Wonogiri, kondisi tutupan lahan yang tidak mengalami perubahan secara signifikan serta dapat dijaga kelestariannya dikarenakan wilayah Sub DAS Keduang bukan merupakan wilayah industri yang menyebabkan terjadinya pembangunan besar-besaran seperti yang terdapat pada wilayah kota besar. Salah satu faktor utama tidak adanya perubahan tutupan lahan pada wilayah ini adalah kegiatan penanaman kembali wilayah hutan produksi yang kerap dilakukan oleh masyarakat setempat.

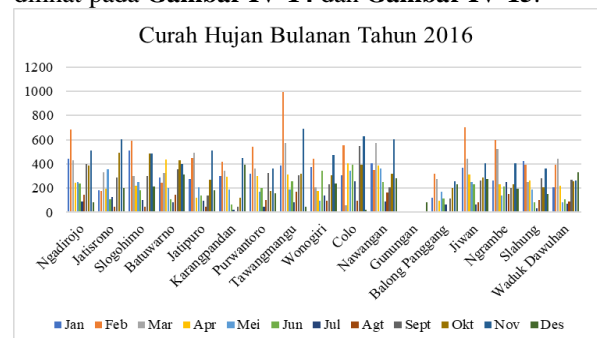
**IV.4.2** Faktor Curah Hujan

Nilai erosivitas hujan (R) mengalami perubahan tergantung pada curah hujan yang turun di wilayah tersebut. Berdasarkan hasil interpolasi, intensitas curah hujan yang turun di wilayah Sub DAS Keduang mengalami penurunan sehingga nilai erosivitas yang dihasilkan juga mengalami penurunan. Curah hujan yang terjadi pada tahun 2016 sebesar 3500 – 4500 mm dan pada tahun 2021 curah hujan turun menjadi 1800 – 4000 mm. rincian data curah huja di Sub DAS Keduang dapat dilihat pada **Tabel IV-1**. Persentase perbandingan curah hujan di wilayah Sub DAS Keduang dapa dilihat pada **Gambar IV-13**.

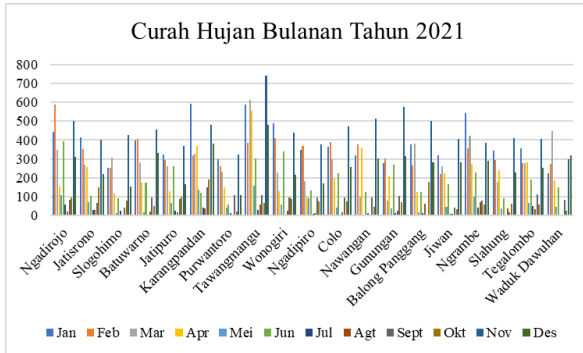


**Gambar IV-13** Persentase Perbandingan Curah Hujan

Perubahan curah hujan yang sangat signifikan pada Sub DAS Keduang memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap penurunan nilai laju erosi yang terjadi. Penurunan curah hujan ini terjadi karena musim kemarau yang lebih terjadi pada tahun 2021 dibandingkan dengan tahun 2016. Hal ini mengakibatkan rata-rata curah hujan pada tahun 2021 lebih kecil dibandingkan dengan tahun 2016. Perbandingan curah hujan bulanan yang terjadi pada stasiun curah hujan di sekitar Sub DAS keduang dapat dilihat pada **Gambar IV-14** dan **Gambar IV-15**.



**Gambar IV-14** Curah hujan Bulanan Tahun 2016



**Gambar IV-15** Curah Hujan Bulanan Tahun 2021

Berdasarkan gambar di atas, diketahui bahwa pada tahun 2016 curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari dan November. Curah hujan rata-rata yang terjadi selama tahun 2016 berkisar antara 220 – 330 mm/tahun. Curah hujan tertinggi yang terjadi di tahun 2021 berada di bulan Januari dan November serta curah hujan rata-rata sepanjang tahun 2021 berkisar antara 135 – 340 mm/tahun.

**V. Kesimpulan dan Saran**

**V.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diambil kesimpulan diantaranya yaitu:

1. Nilai laju erosi yang terjadi di Sub DAS Keduang pada tahun 2016 adalah 1.829.554,91 ha/ton/tahun dan pada tahun 2021 nilai laju erosi yang dihasilkan sebesar 1.128.910,89 ton/ha/tahun. Sebagian besar wilayah Sub DAS Keduang termasuk pada tingkatan bahaya erosi sangat rendah. Perubahan laju erosi yang terjadi pada Sub DAS Keduang yaitu penurunan intensitas erosi dari tahun 2016 – 2021 sebesar 700.644,02 ton/ha/tahun. Walaupun terjadi penurunan nilai erosi jumlah erosi secara keseluruhan di Sub DAS keduang masih termasuk tinggi.
2. Parameter yang mengalami perubahan dari 2016 – 2021 yaitu tutupan lahan dan curah hujan. Perubahan tutupan lahan yang terjadi di Sub DAS Keduang tidak signifikan dibuktikan dengan sedikitnya nilai perubahan luasan pada tiap tutupan lahan. terdapat tujuh kecamatan yang mengalami perubahan tutupan lahan. Tutupan lahan yang mengalami peningkatan luas yaitu sawah, pemukiman dan perkebunan sedangkan yang mengalami penurunan luas yaitu hutan, sungai dan tegalan. Hal ini mempunyai arti bahwa perubahan tutupan lahan tidak terlalu mempengaruhi perubahan nilai laju erosi di Sub DAS Keduang. Nilai erosivitas hujan tahun 2021 mengalami penurunan dibandingkan dengan tahun 2016. Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya intensitas curah hujan tahun 2021 daripada tahun 2016. Curah hujan yang terjadi pada tahun 2016 sebesar 3500 – 4500 mm/tahun sedangkan tahun 2021 sebesar 1800 – 4000 mm/tahun. Penurunan curah hujan yang termasuk besar ini menjadi pengaruh

terbesar terhadap perubahan nilai laju erosi di Sub DAS Keduang

**V.2 Saran**

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat saran-saran untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengecekan terhadap ketersediaan data parameter kepada instansi terkait agar hasil penelitian lebih baik.
2. Parameter yang digunakan hendaknya memiliki skala yang sama agar hasil pengolahan yang dihasilkan lebih akurat.
3. Wawancara mengenai Tindakan konservasi dilakukan berdasarkan keadaan topografi dan tutupan lahan agar data yang diperoleh menjadi lebih detail.

**DAFTAR PUSTAKA**

**Pustaka dari Buku dan Jurnal Penelitian:**

Aronoff. (1989). *Sistem Informasi Geografis*. Jakarta: Buana Khatulistiwa.

Arsyad, S. (2000 ). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB .

Asdak, C. (2018). *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Dwi Mayanti, d. (2021). Analisa Laju Erosi Menggunakan Metode USLE Pada Studi Kasus Penambangan Sirtu, Selo, Boyolali, Jawa Tengah. *Jurnal Sosial Teknologi*, Volume 1,Nomor 3,Maret 2021.

Huda, A. S. (2020). Analisis Perubahan Laju Erosi Periode Tahun 2013 Dan Tahun 2018 Berbasis Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : DAS Garang). *Jurnal Geodesi UNDIP*, Volume [9] , Nomor [1] , Tahun 2020, (ISSN : 2337-845X) .

Kementerian Pertanian. (2016). *Pedoman Pemetaan Lahan Pertanian Menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi*. Jakarta: Kementerian Pertanian;

Kementrian Kehutanan. (1998). *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Teknik Lapangan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*

Puslitbang Pengairan Bogor. (1985). *Puslitbang Pengairan Bogor Tabel Nilai Erodibilitas Tanah*. Bogor.

**Pustaka dari Wawancara:**

PKI, Dinas Kehutanan. 2022. “Faktor Tindakan Konservasi”. *Hasil Wawancara Pribadi*: 8-13 November 2022. Cabang Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup Wilayah XI Kabupaten Wonogiri .