



## Pemetaan Laju Erosi Menggunakan Metode *RUSLE* dan *Google Earth Engine* Pada DAS Serayu

Renvil Imawan <sup>1\*</sup>, Agusta Praba Ristadi Pinem <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia.

### article info

#### Article history:

Received 18 December 2023  
Received in revised form  
14 March 2024  
Accepted 1 May 2024  
Available online July 2024.

#### DOI:

<https://doi.org/10.35870/jti.k.v8i3.1938>.

#### Keywords:

Serayu Watershed; Google Earth Engine; *RUSLE* Method.

#### Kata Kunci:

DAS Serayu; Google Earth Engine; Metode *RUSLE*.

### abstract

The Serayu Watershed, which includes Wonosobo, Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, to Cilacap in Central Java, faces erosion challenges due to the rugged topography. This research presents a new approach in mapping erosion rates in the Serayu watershed by combining the Revised Universal Soil Loss Equation (*RUSLE*) method and Google Earth Engine (*GEE*) technology. Utilizing satellite imagery from *GEE*, including annual rainfall data, soil texture, slope, vegetation index, and land conservation from the period 2021-2022, this study revealed an interesting finding: the Serayu watershed experienced heavy erosion, exceeding 40 tons/ha/year, especially in Purbalingga, Banjarnegara, and Wonosobo. The main innovation of this research lies in its approach which provides a new perspective in erosion analysis in the Serayu watershed. The results provide deep insights for natural resource management, environmental protection, sustainable land use planning, and environmental change monitoring. The integration of *GEE* not only accelerates analysis, but also brings an innovative dimension that differentiates this research from previous research in similar areas.

### abstrak

Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu, yang meliputi Wonosobo, Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, hingga Cilacap di Jawa Tengah, menghadapi tantangan erosi akibat topografi yang terjal. Penelitian ini menghadirkan pendekatan baru dalam pemetaan laju erosi di DAS Serayu dengan menggabungkan metode Revised Universal Soil Loss Equation (*RUSLE*) dan teknologi Google Earth Engine (*GEE*). Pemanfaatan citra satelit dari *GEE*, mencakup data curah hujan tahunan, tekstur tanah, kemiringan lereng, indeks vegetasi, dan konservasi lahan dari periode 2021-2022, penelitian ini mengungkapkan temuan menarik: DAS Serayu mengalami erosi berat, melebihi 40 ton/ha/th, terutama di Purbalingga, Banjarnegara, dan Wonosobo. Inovasi utama penelitian ini terletak pada pendekatannya yang memberikan perspektif baru dalam analisis erosi di DAS Serayu. Hasilnya memberikan wawasan mendalam untuk pengelolaan sumber daya alam, perlindungan lingkungan, perencanaan penggunaan lahan berkelanjutan, dan pemantauan perubahan lingkungan. Integrasi *GEE* tidak hanya mempercepat analisis, tetapi juga membawa dimensi inovatif yang membedakan penelitian ini dari penelitian sebelumnya di wilayah serupa.

\*Corresponding Author. Email: [renvil.imawan@gmail.com](mailto:renvil.imawan@gmail.com) <sup>1\*</sup>.

© E-ISSN: 2580-1643.

Copyright © 2024 by the authors of this article. Published by Lembaga Otonom Lembaga Informasi dan Riset Indonesia (KITA INFO dan RISET). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



Association for Computing Machinery  
ACM Computing Classification System (CCS)



Communication and Mass Media Complete (CMMC)

## 1. Latar Belakang

Akhir-akhir ini masalah erosi tanah menjadi perhatian serius dalam konteks pelestarian sumber daya alam dan lingkungan. Erosi tanah merupakan hilangnya permukaan tanah yang disebabkan oleh hujan dan air limpasannya yang dikontrol oleh faktor curah hujan tahunan, tekstur tanah, kemiringan lereng, *indeks vegetasi*, dan konservasi lahan [1]. Menurut Asdak 1995 berpendapat bahwa erosi merupakan tiga proses yang berurutan, yaitu pelepasan (*detachment*), pengangkutan permukaan tanah terutama permukaan air tanah (*transportation*), dan pengendapan (*deposition*) bahan-bahan tanah oleh erosi [2]. Daerah aliran sungai (DAS) merupakan suatu ekosistem yang terdiri atas unsur biotik (vegetasi, binatang, dan organisme hidup lainnya), unsur abiotik (tanah, air, udara) dan kegiatan manusia yang saling berinteraksi dan saling ketergantungan satu sama lain [1]. Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu merupakan salah satu DAS besar di Jawa Tengah yang memiliki luas 3654,74 km<sup>2</sup>, dan panjang sungai utamanya (Sungai Serayu) adalah 165 km. DAS Serayu menaungi 5 kabupaten, yaitu Kabupaten Wonosobo, Banjarnegara, Purbalingga, Banyumas, dan Cilacap [3]. Wilayahnya yang berada diantara pegunungan, membuat DAS ini memiliki potensi erosi tanah yang cukup tinggi. Salah satu contoh kasus di DAS Serayu yang menjadi isu nasional adalah adanya kerusakan di daerah hulu tepatnya di kawasan Dieng. Kawasan Dieng mengalami kerusakan yang parah dimana telah terjadi degradasi lahan dan meningkatnya erosi sekitar 161 ton/ha/tahun, yang menyebabkan sedimentasi di Waduk Jenderal Sudirman (Pusat Listrik Tenaga Air Mrica) yang dikhawatirkan menyebabkan krisis energi [4].

Dalam penelitian ini penulis memanfaatkan teknologi geospasial, termasuk perangkat lunak pemetaan dan analisis citra satelit. Untuk perhitungan prediksi erosi menggunakan metode RUSLE terintegrasi dengan Google Earth Engine dan QuantumGIS [5]. Metode RUSLE merupakan suatu pemodelan erosi yang digunakan untuk memprediksi rata-rata besarnya laju erosi tahunan akibat percikan air hujan dan aliran permukaan dari suatu bentang lereng yang ada dengan tanaman dan pengolahan tertentu [6]. Metode RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) telah menjadi alat yang efektif untuk memperkirakan

tingkat erosi tanah. Dalam penelitian ini, penulis akan melangkah lebih maju dengan menggabungkan metode RUSLE dengan teknologi modern berbasis citra satelit, yaitu Google Earth Engine (GEE). Pada tanggal 2 Desember 2010, Google meluncurkan sebuah teknologi kecerdasan buatan yang dinamakan Google Earth Engine [7]. Google Earth Engine (GEE) adalah *instrument* komputer dengan jutaan servernya di seluruh dunia, dan kemampuan komputasi awan terkini, yang dapat digunakan untuk melakukan analisis penginderaan jauh. GEE telah mengarsipkan katalog besar data observasi bumi (EO), dan memungkinkan ilmuwan dan peneliti untuk memanfaatkan triliunan citra satelit yang ada di *Cloud Computing* [8]. Pada GEE pengguna dapat melakukan pengolahan data dalam bentuk citra penginderaan jauh mengekstraksi informasi berbasis spasial mengenai apa yang terjadi atau apa yang berubah di muka bumi [9]. GEE dapat memberikan informasi penting bagi para ilmuwan, pemerintah, dan organisasi non-pemerintah dalam mengambil keputusan terkait mitigasi dan penanganan bencana alam [10]. Contohnya adalah pembuatan peta risiko dan kerentanan dengan menggunakan data spasial untuk mengidentifikasi daerah rawan bencana. Hal ini membantu dalam mitigasi dan respons terhadap bencana.

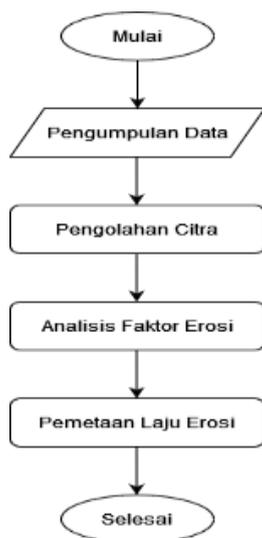
Penelitian ini mengusung pendekatan inovatif dengan mengintegrasikan metode Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) dan teknologi Google Earth Engine (GEE). Penggunaan teknologi geospasial dan analisis citra satelit memberikan dimensi baru pada penelitian erosi, memperluas kemampuan penelitian dalam pemahaman fenomena ini. Dengan memanfaatkan GEE, penelitian ini dapat melakukan analisis spasial secara mendalam terhadap DAS Sedayu. Integrasi data curah hujan tahunan, tekstur tanah, kemiringan lereng, indeks vegetasi, dan informasi konservasi lahan dari periode 2021-2022 membuka potensi untuk melihat pola erosi secara holistik. Penerapan metode RUSLE terintegrasi dengan GEE memungkinkan pemetaan laju erosi tanah di wilayah DAS Serayu. Hal ini tidak hanya menyajikan temuan bahwa DAS Serayu mengalami erosi berat, melebihi 40 ton/ha/th, tetapi juga memberikan gambaran visual yang lebih komprehensif.

## 2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan Metode RUSLE dan Google Earth Engine, untuk memprediksi laju erosi di DAS Serayu. Data yang dibutuhkan dalam Metode RUSLE antara lain:

- 1) Data Curah Hujan Tahunan  
Menentukan pola curah hujan yang mempengaruhi proses erosi tanah.
- 2) Data Tekstur Tanah  
Menggambarkan sifat fisik tanah yang mempengaruhi tingkat erosi.
- 3) Data Kemiringan Lereng  
Menunjukkan kemiringan lereng yang menjadi faktor signifikan dalam laju erosi.
- 4) Data Indeks Vegetasi  
Mencerminkan kondisi vegetasi yang dapat mempengaruhi stabilitas tanah.
- 5) Data Konservasi Lahan  
Informasi tentang tindakan yang dapat meminimalkan erosi.

Semua data ini diperoleh melalui citra satelit menggunakan Google Earth Engine. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini, antara lain:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penjelasan dari Gambar 1 adalah sebagai berikut:

- 1) Tahap pengumpulan data merupakan tahap pengumpulan data citra satelit melalui Google Earth Engine, serta mencari data *spasial* seperti peta batas wilayah dari sumber resmi.

- 2) Tahap pengolahan citra merupakan tahap pertama untuk pemrosesan citra satelit dan memperoleh data-data yang dibutuhkan.
- 3) Tahap analisis faktor erosi merupakan tahap menghitung faktor-faktor yang mempengaruhi laju erosi, seperti curah hujan tahunan, tekstur tanah, kemiringan lereng, *indeks vegetasi*, dan konservasi lahan. Semua data tersebut kemudian diterapkan pada Metode RUSLE untuk menghitung laju erosi di DAS Serayu.
- 4) Tahap pemetaan laju erosi yaitu membuat peta sebaran laju erosi di DAS Serayu berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Peta ini dibuat menggunakan *software* QGIS.

### Alat dan Bahan yang diperlukan

Dalam penelitian ini adapun alat dan bahan yang dibutuhkan diantaranya:

- 1) Kebutuhan *Hardware* yaitu Laptop menggunakan laptop Lenovo IdeaPad 5 AMD Ryzen 5 4000 Series dengan RAM 8 GB.
- 2) Kebutuhan *Software* yaitu sebuah *tools* QGIS 2.18 yang digunakan untuk membuat peta hasil penelitian.
- 3) Kebutuhan Data yaitu curah hujan tahunan, tekstur tanah, kemiringan lereng, *indeks vegetasi*, dan konservasi lahan. Data ini diperoleh dari citra satelit dengan menggunakan Google Earth Engine.

Pengumpulan data ini mempunyai sumber data sekunder. Data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan oleh lembaga pengumpul data dan dipublikasikan kepada masyarakat pengguna [11]. Penggunaan data sekunder dari Google Earth Engine memastikan kehandalan data, karena platform ini dikelola oleh Google, sebuah perusahaan teknologi terkemuka. Oleh karena itu, data yang diperoleh memiliki validitas yang tinggi dan mencerminkan kondisi aktual DAS Serayu.

Dalam tahap analisis, metode RUSLE digunakan untuk menghitung laju erosi dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti curah hujan tahunan, tekstur tanah, kemiringan lereng, *indeks vegetasi*, dan konservasi lahan. Integrasi teknologi modern berbasis citra satelit dan komputasi awan melalui Google Earth Engine memberikan dimensi baru pada analisis erosi, meningkatkan akurasi dan resolusi hasil. Selain itu, pemanfaatan perangkat lunak

QGIS untuk pemetaan laju erosi memberikan keleluasaan dalam menghasilkan visualisasi yang jelas dan informatif. Proses ini menjadi kunci untuk menyajikan hasil penelitian secara komprehensif, memudahkan pemahaman dan interpretasi informasi bagi para pemangku kepentingan.

Dengan demikian, aspek pemilihan data dan keandalan teknologi yang digunakan dalam penelitian ini menegaskan keakuratan serta relevansi temuan terkait erosi tanah di DAS Serayu. Untuk mengetahui perkiraan jumlah tanah yang hilang akibat erosi maka dilakukan analisis terhadap beberapa faktor-faktor penyebab erosi yaitu curah hujan tahunan, tekstur tanah, kemiringan lereng, *indeks vegetasi*, dan konservasi lahan. Dari faktor-faktor tersebut dapat ditentukan jumlah erosi tanah menggunakan metode RUSLE yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith 1978, dengan rumus sebagai berikut:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

Keterangan:

- R = Curah Hujan Tahunan
- K = Tekstur Tanah
- LS = Kemiringan Lereng
- C = *Indeks Vegetasi*
- P = Konservasi Lahan

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### *Parameter Curah Hujan Tahunan (R)*

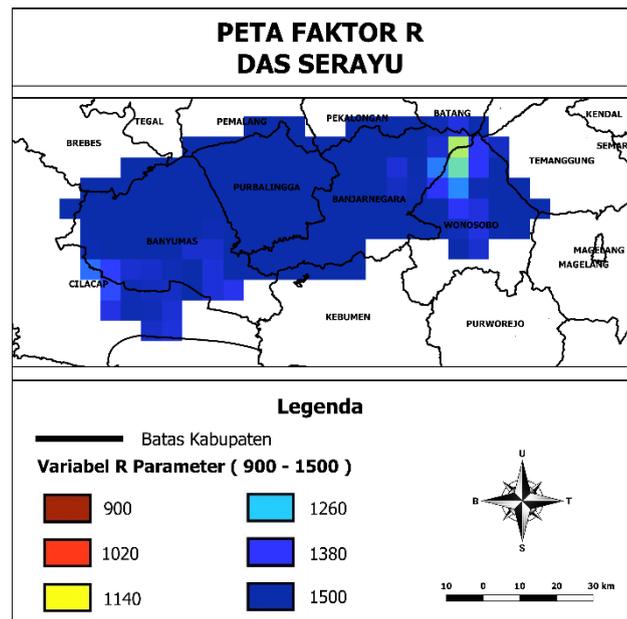
Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian adalah data curah hujan dari tahun 2021 hingga 2022. Satelit curah hujan yang digunakan sebagai pengambilan data dari penelitian ini adalah satelit CHIRPS. Dalam sejalan dengan kemajuan teknologi, khususnya di bidang penginderaan jauh seperti satelit, penilaian terhadap jumlah hujan kini bisa dilaksanakan menggunakan teknologi yang dikenal dengan sebutan satelit CHIRPS.

Teknologi ini memiliki resolusi spasial sekitar  $0.05^\circ \times 0.05^\circ$  *arc degrees* [12]. CHIRPS dipilih karena resolusi *spasial* dan *temporalnya* yang tinggi serta aksesnya yang bebas [13]. Tipe hujan di DAS Serayu adalah tipe hujan moonsonal yaitu tipe hujan yang memiliki satu puncak dan satu lembah hujan, atau dalam setahun terjadi satu kali musim penghujan dan satu kali

musim kemarau [14]. Pada umumnya musim hujan biasanya dimulai pada bulan Oktober ketika angin muson barat bertiup. Rata-rata curah hujan di DAS Serayu cukup tinggi yaitu sebesar 3000 mm/th. Dihitung dengan rumus faktor R nilai rata-ratanya adalah 1500 MJ/mm/ha/th. Curah hujan pada DAS Serayu cenderung tinggi karena wilayahnya memiliki tingkat elevasi yang tinggi. Cara menghitung faktor R adalah dengan rumus yang ditemukan oleh Ram et al. 2004 as cited in Jain and Das 2010.

$$R = 81,5 + 0,38 P$$

*P* = *annual precipitation for areas where annual precipitation ranges between 340 and 3500 mm.*



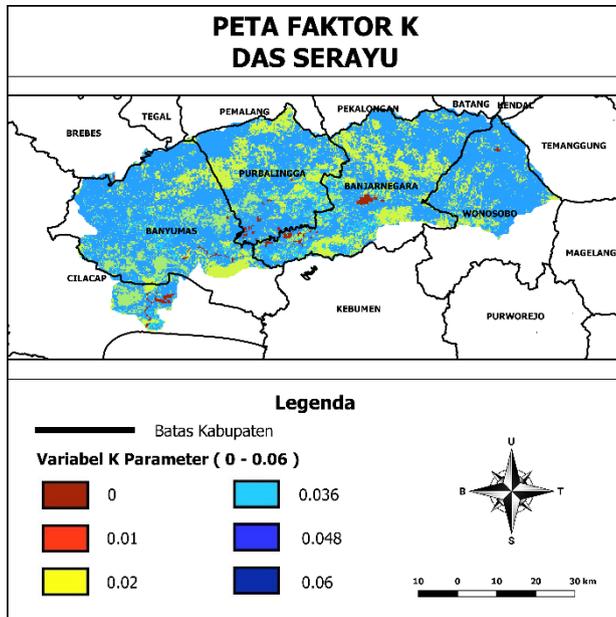
Gambar 2. Peta Faktor R DAS Serayu

#### *Parameter Tekstur Tanah (K)*

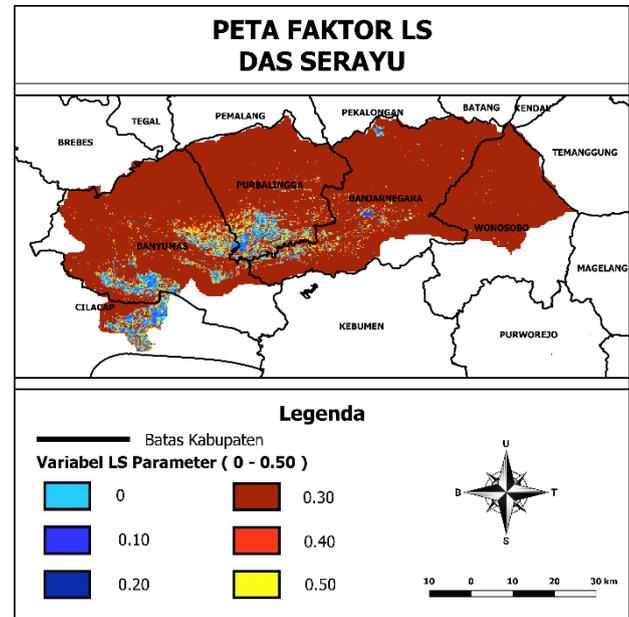
Data tekstur tanah diperoleh dari *OpenLandMap*, data ini bersifat *open source* yang kemudian diakses dan dianalisis menggunakan Google Earth Engine dan di tempelkan ke dalam peta DAS Serayu. Data ini mencakup berbagai informasi *geospasial*. Dalam penelitian ini data yang diambil adalah dari tahun 2021 hingga 2022. Das Serayu merupakan wilayah yang dominan tanahnya berupa tanah liat lempung (*Clay loam*), sisanya berupa tanah liat berpasir (*Sandy clay loam*) dan tanah lempung berpasir (*Sandy loam*). Jenis tanah liat lempung memiliki tekstur halus dan kohesif. Kandungan liat yang tinggi membuatnya mampu menahan air dengan baik. Jenis tanah ini cukup kuat menahan erosi. Berikutnya adalah tanah liat berpasir

tanah ini memiliki campuran partikel lempung dan pasir, karena mempunyai kandungan pasir yang tinggi maka tanah ini rentan terhadap erosi. Jenis tanah lempung berpasir hampir sama dengan tanah liat berpasir, namun kandungan pasirnya lebih banyak sehingga jenis tanah ini lebih rentan terhadap erosi.

Pada gambar berikut ini memperlihatkan Peta Faktor LS (*Length Slope*) DAS Serayu. Berdasarkan peta tersebut, hampir seluruh wilayah DAS Serayu didominasi oleh nilai LS 0.30 kecuali wilayah Kabupaten Purbalingga bagian Selatan dan wilayah Kabupaten Cilacap.



Gambar 3. Peta Faktor K DAS Serayu



Gambar 4. Peta Faktor LS DAS Serayu

#### Parameter Kemiringan lereng (LS)

Data kemiringan lereng DAS Serayu didapatkan dari Citra *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Data SRTM adalah data *elevasi* muka bumi yang dihasilkan dari satelit yang diluncurkan NASA (*National Aeronautics and Space Administration*). Data yang dihasilkan memiliki resolusi *spasial* sebesar 90 m dan 30 m [15]. Data SRTM ini dikumpulkan pada tahun 2000 oleh misi pesawat ulang-alik antariksa *Space Shuttle Endeavour*. Kemiringan lereng diukur dari suatu tempat pada permukaan tanah dimana erosi mulai terjadi sampai pada dimana erosi mulai terjadi sampai pada tempat dimana terjadi pengendapan atau sampai pada tempat dimana aliran air dipermukaan tanah masuk ke dalam saluran [5]. Cara menghitung faktor LS adalah dengan rumus yang ditemukan oleh David 1988 based on work by Madarcos 1985 and Smith and Whitt 1947.

$$LS = a + b \times S_L^{3/4}$$

$$a = 0.1$$

$$b = 0.21$$

$$S_L = \text{Slope } (\%)$$

#### Parameter Indeks Vegetasi (C)

Data yang didapatkan untuk Menghitung *Indeks Vegetasi* menggunakan Citra Sentinel-2 MSI. Satelit Sentinel-2 MSI adalah satelit milik *Europe Space Agency* (ESA) yang diluncurkan pada 23 Juni 2015. Sentinel-2 MSI memiliki sudut *inklinasi* 98,62° dengan periode rotasi selama 40 menit dan merekam permukaan bumi pada 10:30 pagi waktu setempat dengan tujuan untuk memperoleh hasil dengan tutupan awan minimal serta penyinaran matahari yang sesuai [16]. Data *Indeks Vegetasi* dari Citra Satelit Sentinel-2 MSI yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari tahun 2021 hingga 2022.

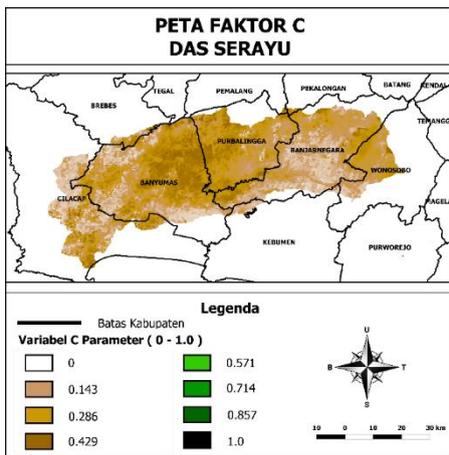
Semakin luas tutupan lahan hijau dapat mengurangi hujan yang jatuh ke permukaan tanah secara langsung. Dampaknya adalah dapat mengurangi erosi secara tidak langsung. Di DAS Serayu terdapat berbagai macam variasi vegetasi, seperti hutan hujan tropis terutama di pegunungan sekitar DAS Serayu. Sedangkan di daerah dataran rendah, terutama di sepanjang DAS Serayu terdapat lahan pertanian yang luas. Pertanian mencakup sawah padi, kebun buah-buahan, dan palawija. Terdapat juga Kawasan

permukiman dan perkotaan yang telah dikembangkan di sepanjang DAS Serayu, seperti Purwokerto dan kota-kota kecil lainnya. Hal tersebut tentunya juga berpengaruh terhadap pengendalian laju erosi di DAS Serayu. Cara menghitung faktor C adalah dengan rumus yang ditemukan oleh (Van der Knijff *et al.* 2000).

$$C = \exp \left[ \alpha \left( \frac{NDVI}{\beta - NDVI} \right) \right]$$

$$\alpha = 1$$

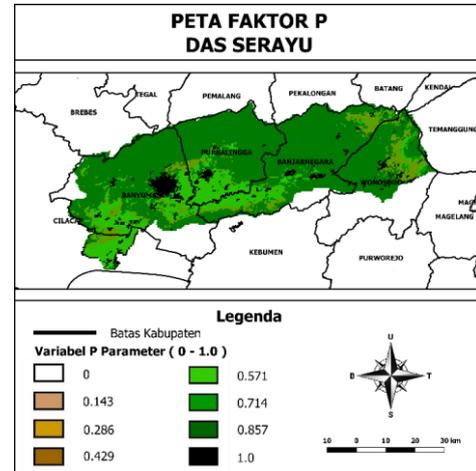
$$\beta = 2$$



Gambar 5. Peta Faktor C DAS Serayu

*Parameter Konservasi Lahan (P)*

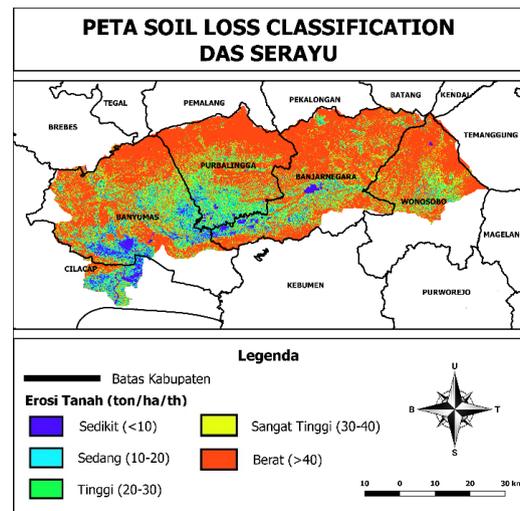
Data Konservasi Lahan DAS Serayu di dapatkan dari Citra MODIS *Land Cover*, data ini diambil dari tahun 2021 hingga 2022. Pemanfaatan citra *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)* sebagai bagian dari *Earth Observing System (EOS)* NASA. Data MODIS menjadi salah satu *platform* yang mengandalkan satelit *Terra* (pagi) dan *Aqua* (sore) [17]. Satelit ini memberikan informasi tentang jenis dan distribusi tutupan lahan di seluruh dunia. Kondisi konservasi lahan di DAS Serayu bervariasi tergantung pada berbagai faktor, seperti penggunaan lahan, topografi, dan kebijakan lingkungan yang ada di wilayah tersebut. Upaya konservasi untuk mengatasi erosi di DAS Serayu antara lain dengan memperluas dan mempertahankan kawasan hutan lindung untuk mencegah erosi dengan akar yang kuat yang menahan tanah. Sedangkan di daerah dengan lereng curam, dibuat terasering yang dapat mengurangi kecepatan air, membantu menahan tanah, dan mengurangi erosi.



Gambar 6. Peta Faktor P DAS Serayu

*Laju Erosi DAS Serayu*

Besar laju Erosi DAS Serayu setelah dihitung menggunakan metode RUSLE menghasilkan beberapa kelas tingkatan erosi yaitu “Sedikit” dengan tingkat erosi kurang dari 10 ton/ha/th, “Sedang” dengan tingkat erosi berkisar antara 10-20 ton/ha/th, “Tinggi” dengan tingkat erosi berkisar antara 20-30 ton/ha/th, “Sangat Tinggi” dengan tingkat erosi berkisar antara 30-40 ton/ha/th, dan yang terakhir “Berat” dengan tingkat erosi lebih dari 40 ton/ha/th. Berdasarkan hasil perhitungan tingkat erosi di DAS Serayu tergolong besar, sebagian besar laju erosinya lebih dari 40 ton/ha/th, terutama bagian utara di kabupaten Purbalingga, Banjarnegara, Wonosobo karena di daerah tersebut adalah daerah pegunungan sehingga memiliki kemiringan lereng yang cukup tinggi. Kemudian dihasilkan peta laju erosi seperti pada gambar peta berikut:



Gambar 7. Peta Laju Erosi DAS Serayu

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan di atas, pengambilan data-data seperti curah hujan tahunan, tekstur tanah, kemiringan lereng, *indeks vegetasi*, dan konservasi lahan dilakukan menggunakan citra satelit yang didapatkan dari Google Earth Engine kemudian dihitung menggunakan metode RUSLE sehingga menghasilkan laju erosi tanah di DAS Serayu. Hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa besar laju erosi di DAS Serayu termasuk ke dalam kategori Berat terutama bagian utara Kabupaten Purbalingga, Banjarnegara, dan Wonosobo, sebagian besar mengalami erosi sebesar lebih dari 40 ton/ha/th.

Tingginya tingkat erosi tanah di DAS Serayu, sehingga diperlukan tindakan pengendalian erosi termasuk tindakan konservasi tanah seperti tanaman penutup tanah, rotasi tanaman, dan pembuatan terasering untuk mengurangi erosi dan meningkatkan ketahanan tanah terhadap aliran permukaan. Ketidakpastian perhitungan muncul karena adanya keterbatasan validasi lapangan dan validasi langsung hasil pemetaan. Penelitian selanjutnya diharapkan memperkuat verifikasi lapangan dan meningkatkan keandalan hasil pemetaan dengan melakukan survei lapangan yang lebih intensif, pengambilan sampel tanah, dan pengukuran langsung.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Wahyudien, M. E., Vianita, L., Subagyo, D. O., & Nurjanah, N. (2018). Analisis Dampak Penggunaan Lahan Terhadap Tingkat Erosi Di Daerah Aliran Sungai Bodri. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018*.
- [2] Lesmana, D. M. M., Cahyadi, T. A., SB, W. S. W., Nursanto, E., & Winarno, E. (2020, July). Perbandingan hasil prediksi laju erosi dengan metode usle, musle, rusle berdasar literatur review. In *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)* (Vol. 2, No. 1, pp. 307-312). DOI: <https://doi.org/10.31284/j.semitan.2020.994>.
- [3] Purnomo, S. N. (2017). Pengaruh metode pemilihan data hujan pada perancangan debit banjir di DAS Serayu. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 18(1), 50-58. DOI: [10.30595/techno.v18i1.1452](https://doi.org/10.30595/techno.v18i1.1452).
- [4] Jariyah, N. A., & Pramono, I. B. (2013). Kerentanan sosial ekonomi dan biofisik di DAS Serayu: Collaborative management. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kebutanan*, 10(3), 141-156. DOI: <https://doi.org/10.20886/jpsek.2013.10.3.141-156>.
- [5] Andriyani, I., Wahyuningsih, S., & Arumsari, R. S. (2020). Penentuan tingkat bahaya erosi di wilayah das bedadung Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 8(1), 1-11. DOI: [10.29303/jrpb.v8i1.122](https://doi.org/10.29303/jrpb.v8i1.122).
- [6] Fikri, A. S., Setiawan, F., Violando, W. A., Muttaqin, A. D., & Rahmawan, F. (2021). Analisis Perubahan Penutupan Lahan Menggunakan Google Earth Engine dengan Algoritma Cart (Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur). In *Prosiding Forum Ilmiah Tahunan (FIT)-Ikatan Surveyor Indonesia (ISI)* (Vol. 1, pp. 89-99). Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [7] Wachid, N., & Tyas, W. P. (2022). Analisis transformasi ndvi dan kaitannya dengan lst menggunakan platform berbasis cloud: Google Earth Engine. *Jurnal Planologi*, 19(1), 60-74. DOI: [10.30659/jpsa.v19i1.20199](https://doi.org/10.30659/jpsa.v19i1.20199).
- [8] Rijal, S. S. (2020). *Mengolah citra penginderaan jauh dengan google earth engine*. Deepublish.
- [9] Philia, C. L. (2023). Analisis Perubahan Suhu Permukaan Daratan di Kecamatan Ternate Tengah Menggunakan Google Earth Engine Berbasis Cloud Computing. *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal Of Innovation Technology)*, 4(1), 16-20. DOI: <https://doi.org/10.35970/e-joint.v4i1.1901>.
- [10] Hamid, E. S., & Susilo, Y. (2011). Strategi pengembangan usaha mikro kecil dan

menengah di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

- [11] Kafidani, F. S., Suhartanto, E., & Wahyuni, S. (2024). Rasionalisasi Jaringan Pos Hidrologi Menggunakan Data Pos Hujan, Data Satelit CHIRPS, dan Data Pos Duga Air dengan Metode Stepwise di DAS Rejoso. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(1), 471-481. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.040>.
- [12] Paredes Trejo, F. J., Alves Barbosa, H., Peñaloza-Murillo, M. A., Moreno, M. A., & Farias, A. (2016). Intercomparison of improved satellite rainfall estimation with CHIRPS gridded product and rain gauge data over Venezuela. *Atmósfera*, 29(4), 323-342.
- [13] Purnama, S. (2010). Potensi sumberdaya air DAS Serayu. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 6(3).
- [14] Yasin, A. M., Sukiyah, E., Sulaksana, N., & Isnaniawardhani, V. (2016). Fenomena morfotektonik pada citra STRM di wilayah Teluk Kendari. *Bulletin of Scientific Contribution*, 14(2), 163-170.
- [15] Suni, M. A., Borman, A. K., Umar, M. F. H., & Kurniawan, A. D. (2023). Pemetaan Penggunaan Lahan Di Kota Palu Menggunakan Citra Sentinel 2-A. *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS*, 1(4), 384-391. DOI: <https://doi.org/10.59407/jpki2.v1i4.69>.
- [16] Adam, S. S. (2020). Evaluasi area kebakaran lahan dan hutan berbasis hotspot citra MODIS. *ScientiCO: Computer Science and Informatics Journal*, 3(1), 19-34.