

Analisis Potensi Laju Sedimentasi pada Waduk (Studi Kasus Waduk Cengklik Kabupaten Boyolali)

Vardanella Vinaya Bhasia¹, Nanda Tasya Surya Puspita², Budi Santosa³,
Yohanes Yuli Mulyanto⁴

email: 18b10075@student.unika.ac.id¹, 18b10101@student.unika.ac.id²

^{1,2}Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/I, Semarang

^{3,4}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata,
Jl. Pawiyatan Luhur IV/I, Semarang

Abstrak

Sedimentasi pada Waduk Cengklik terjadi akibat erosi pada kawasan sekitarnya (Daerah Aliran Sungai Waduk Cengklik). Erosi tersebut terjadi karena air hujan jatuh pada lahan terbuka. Sedimentasi mempengaruhi pengurangan daya tampung air dalam waduk. Berdasarkan catatan dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo kapasitas daya tampung air Waduk Cengklik sebesar 17,5 juta m³ pada tahun 1970. Namun tampungan pada air waduk dari tahun ke tahun mengalami penurunan. Misalnya pada tahun 1998 kapasitas air waduk menjadi 12,5 juta m³, dan pada tahun 2019 hanya mampu menampung air sebanyak 9 juta m³. Menurut Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo nilai sedimentasi pada Waduk Cengklik pada tahun 2020 sebesar 18,82 ton/ha/tahun. Selain erosi, terjadinya sedimentasi pada Waduk Cengklik juga disebabkan oleh sisa pakan ikan pada keramba-keramba dan pertumbuhan eceng gondok (sebagai sedimen terapung) yang cukup besar.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui potensi laju erosi dan laju sedimentasi yang terjadi pada Waduk Cengklik. Untuk menganalisis potensi laju erosi dan sedimentasi ini digunakan metode RUSLE. Adapun untuk pengolahan data digunakan *software ArcGIS*. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data curah hujan, peta DAS, data jenis tanah, data kemiringan lereng dan data penggunaan lahan. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa luas cakupan wilayah DAS Waduk Cengklik sebesar 8,6495 Km² atau 864,95 Ha. Potensi laju erosi (Ea) pada DAS Waduk Cengklik mencakup 5 desa, yang meliputi Desa Demangan, Desa Kepoh, Desa Ngargorejo, Desa Senting dan Desa Sobokerto. Nilai total potensi laju erosi sebesar 412,04 ton/ha/tahun. Berdasarkan kriteria erosi yang diterbitkan oleh Kementerian Kehutanan (1998) dalam Santoso (2014), erosi DAS Waduk Cengklik termasuk dalam klasifikasi erosi berat. Potensi laju erosi yang terjadi pada 5 desa di DAS Waduk Cengklik didapatkan bahwa Desa Kepoh merupakan wilayah yang menyumbang tingkat erosi yang sangat berat dengan nilai erosi sebesar 640,69 ton/ha/tahun. Berdasarkan hasil penelitian dengan pengolahan data ArcGIS untuk penetapan jenis tanah wilayah DAS Bengawan Solo ditemukan 2 jenis tanah yang meliputi jenis tanah Mediteran dan jenis Tanah Grumusol. Jenis tanah Mediteran merupakan jenis tanah yang mendominasi dan sebagai penyumbang terjadinya erosi terbesar pada DAS Waduk Cengklik. Berdasarkan hasil olah data dengan menggunakan ArcGIS untuk penetapan tata guna lahan wilayah DAS Bengawan Solo ditemukan bahwa wilayah permukiman dan sawah mendominasi sebagai penyumbang utama terjadinya erosi. Potensi laju sedimentasi pada Waduk Cengklik sebesar 275502,84 m³/tahun.

Kata kunci: Potensi laju erosi, Potensi laju sedimentasi, Metode RUSLE

Abstract

Sedimentation in the Cengklik Reservoir occurs due to erosion in the surrounding area (Cengklik Reservoir River Basin). This erosion occurs because rainwater falls on open land. Sedimentation affects the reduction of water holding capacity in reservoirs. Based on records from the

Bengawan Solo River Basin Center, the water capacity of the Cengklik Reservoir was 17.5 million m³ in 1970. However, the reservoir water capacity has decreased from year to year. For example, in 1998 the reservoir's water capacity was 12.5 million m³, and in 2019 it was only able to hold 9 million m³ of water. According to the Bengawan Solo River Basin Center, the sedimentation value in the Cengklik Reservoir in 2020 was 18.82 tons/ha/year. Apart from erosion, sedimentation in the Cengklik Reservoir is also caused by remaining fish food in the cages and the growth of water hyacinth (as floating sediment) which is quite large.

This research aims to determine the potential erosion rate and sedimentation rate that occurs in the Cengklik Reservoir. To analyze the potential rate of erosion and sedimentation, the RUSLE method was used. As for data processing, ArcGIS software is used. The data needed in this research includes rainfall data, watershed maps, soil type data, slope data and land use data. From the results of this research, it can be seen that the area coverage of the Cengklik Reservoir watershed is 8.6495 Km² or 864.95 Ha. The potential erosion rate (Ea) in the Cengklik Reservoir watershed covers 5 villages, including Demangan Village, Kepoh Village, Ngargorejo Village, Senting Village and Sobokerto Village. The total potential value of erosion rate is 412.04 tons/ha/year. Based on the erosion criteria published by the Ministry of Forestry (1998) in Santoso (2014), erosion of the Cengklik Reservoir watershed is included in the classification of heavy erosion. The potential rate of erosion that occurs in 5 villages in the Cengklik Reservoir watershed shows that Kepoh Village is an area that contributes to very heavy erosion rates with an erosion value of 640.69 tonnes/ha/year. Based on the results of research using ArcGIS data processing to determine soil types in the Bengawan Solo watershed area, 2 types of soil were found, including the Mediterranean soil type and the Grumusol soil type. The Mediterranean soil type is the dominant soil type and is the largest contributor to erosion in the Cengklik Reservoir watershed. Based on the results of data processing using ArcGIS to determine land use in the Bengawan Solo watershed area, it was found that residential areas and rice fields dominate as the main contributors to erosion. The potential sedimentation rate in the Cengklik Reservoir is 275502.84 m³/year.

Keywords: *Potential erosion rate, Potential sedimentation rate, RUSLE method.*

PENDAHULUAN

Erosi dan sedimentasi merupakan proses yang terjadi akibat terlepasnya butiran material tanah pada suatu tempat kemudian bergerak oleh aliran air atau angin kemudian menghasilkan endapan dimana material tanah itu terhenti. Erosi dan sedimentasi menjadi permasalahan yang dihadapi pada setiap bangunan air seperti waduk karena akan mengganggu dalam pengoperasian dan pemeliharaan waduk itu sendiri. Erosi menjadi salah satu penyebab terjadinya sedimentasi. Erosi lahan yang bergerak pada area Daerah Aliran Sungai (DAS) akan terus mengalir hingga menuju ke titik kontrol pada waduk. Pada analisis ini dilakukan analisis sedimentasi pada Waduk Cengklik Kabupaten Boyolali. Waduk Cengklik merupakan waduk yang

dibangun oleh Pura Mangkunegaran dan pemerintah masa kolonial Belanda pada tahun 1926. Waduk ini merupakan salah satu waduk buatan yang dimanfaatkan sebagai fasilitas publik untuk menunjang kehidupan irigasi di wilayah Kabupaten Boyolali. Waduk Cengklik berada di Ds. Ngargorejo, Kec. Ngemplak, Kab. Boyolali, Provinsi Jawa Tengah dengan titik koordinat 7°30'54.20"LS dan 110°43'45.56"BT dengan luas Daerah Aliran Sungai (DAS) sebesar 10,69 km² dan luas lahan 250 ha. Pengairan pada waduk ini dikelola langsung oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo.

Menurut Abdurrosyid (2022) menerangkan bahwa penyebab terbesar terjadinya sedimentasi pada Waduk Cengklik disebabkan oleh erosi. Erosi DAS yang terjadi

diakibatkan oleh jatuhnya air hujan pada lahan yang terbuka. Dampak yang diakibatkan adanya sedimentasi pada Waduk Cengklik adalah daya tampung air di dalam waduk menjadi berkurang serta berakibat terganggunya kebutuhan air bagi warga di sekitar. Pada tahun 1970 waduk cengklik mampu menampung sebanyak 17,5 juta m³ air, namun tampungan pada air waduk dari tahun ke tahun mengalami penurunan seperti pada tahun 1998 kapasitas air waduk menjadi 12,5 juta m³ pada tahun 2019 mampu menampung air sebanyak 9 juta m³. Menurut Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (2022) menyatakan bahwa nilai sedimentasi pada Waduk Cengklik sebesar 18,82 ton/ha/tahun.

Selain disebabkan oleh erosi lahan pada DAS sedimentasi yang terjadi pada Waduk Cengklik disebabkan juga oleh sisa pakan ikan keramba dan pertumbuhan eceng gondok yang cukup banyak sehingga menimbulkan sedimentasi terakumulasi pada Waduk. Menurut Marwoto dalam Antara Jateng (2012) dilaporkan bahwa sedimentasi pada Waduk Cengklik diakibatkan adanya endapan sisa pakan dari keramba ikan milik petani di waduk serta Menurut Fadia dalam Radar Solo (2022) menyatakan bahwa pertumbuhan eceng gondok pada waduk ini sudah mencapai 70% luasan waduk. Tanaman gula ini disebut sebagai sedimentasi terapung.

Tujuan dalam analisis ini untuk mengetahui besaran potensi laju erosi dan potensi laju sedimentasi yang terjadi di Waduk Cengklik. Dalam perhitungan untuk menganalisis sedimentasi membutuhkan data pendukung seperti data curah hujan, data jenis tanah, data panjang dan kemiringan lereng, data penutupan lahan. Pada kasus sedimentasi yang terjadi pada Waduk Cengklik menjadi dasar dibutuhkan kajian lebih lanjut pada terjadinya sedimentasi dengan perkiraan perhitungan menggunakan pendekatan metode RUSLE dan pengolahan data menggunakan aplikasi *software* ArcGis.

TINJAUAN PUSTAKA

Teori yang digunakan berdasarkan judul dan latar belakang pada analisis ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

Waduk

Waduk adalah tampungan air buatan yang dibuat oleh manusia untuk berbagai kepentingan. Waduk dibangun dengan cara membendung aliran air dengan tujuan untuk menampung air dari daerah tangkapan air yang selanjutnya dapat digunakan untuk berbagai keperluan masyarakat. Fungsi utama dari dibangunnya sebuah waduk adalah sebagai penampung air hujan ketika musim penghujan. Tampungan air dari waduk akan dimanfaatkan dengan optimal ketika musim kemarau (Sisingih, dkk., 2021).

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Bab 1 Pasal 1 Tahun 2012 menyatakan bahwa Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan terpengaruh aktivitas daratan. Wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) terbagi menjadi tiga daerah yang mengalir dari *catchment area* dengan alur hingga mengalir menuju area lautan yaitu daerah hulu sungai, daerah tengah sungai dan daerah hilir sungai. Daerah hulu sungai merupakan area yang menjadi titik awal penampungan air hujan.

Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data dilakukan sebelum melaksanakan analisis curah hujan yang berguna untuk mengetahui kebenaran data curah hujan sesuai dengan distribusi teoritis. Metode yang dapat digunakan untuk uji konsistensi data salah satunya menggunakan metode *Rescale Adjusted Partial Sums* (RAPS).

Menurut Harto (1993) dalam Yasa, dkk., (2015) persamaan dalam melaksanakan uji konsistensi data dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$S^*_0 = 0 \quad (1)$$

$$S^*_k = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad \text{dengan } k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})}{n} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})}{n}} \quad (4)$$

$$S_k^{**} = \frac{Y_i - \bar{Y}}{S} \quad (5)$$

Dengan nilai Statistik Q dan R sebagai berikut:

$$\text{Nilai Statistik Q} = \text{Maks } (S_k^{**}) \\ = 0 \leq k \leq n$$

$$\text{Nilai Statistik R} = \text{Maks } S_k^{**} \times \text{Min } S_k^{**} \\ = 0 \leq k \leq n \quad 0 \leq k \leq n$$

Polygon Thiessen

Dalam memperkirakan dan menghitung data pada titik pengamatan stasiun hujan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *polygon thiessen*. Metode *polygon thiessen* digunakan ketika titik pengamatan yang dilaksanakan tidak tersebar secara merata, oleh karena itu perhitungan dalam menentukan curah hujan rata-rata dilaksanakan dengan memperhitungkan pengaruh pada setiap titik lokasi pengamatan.

Erosi

Erosi merupakan peristiwa longsornya tanah yang disebabkan oleh desakan air atau angin. Erosi dapat terjadi akibat alam atau faktor kegiatan manusia. Secara alamiah, hujan yang terjadi terus menerus akan berakibat pada permukaan tanah yang terkikis kemudian terbawa oleh aliran air selain itu kondisi tinggi dan kemiringan lereng akan mempermudah jalannya erosi.

Aktivitas manusia yang mempengaruhi laju erosi seperti aktivitas pertambangan dan penyalahgunaan hutan diantaranya penggundulan hutan untuk pertanian dan pemukiman yang dapat mempengaruhi topografi dan struktur tanah.

Sedimentasi

Partikel tanah yang terangkut oleh air yang berasal dari proses terjadinya erosi menuju daerah aliran sungai kemudian menuju lokasi bangunan untuk penyimpanan air (waduk) akan menyebabkan terjadinya endapan atau sedimentasi. Faktor utama yang mempengaruhi

terjadinya sedimentasi pada sebuah waduk berasal dari erosi lahan yang terjadi pada daerah tangkapan waduk (Marhendi, 2013).

Sedimentasi yang berada di waduk akan sangat mengganggu dalam kinerja waduk untuk menyimpan air karena sangat berpengaruh pada jumlah tampungan air yang sudah direncanakan serta akan berpengaruh pada umur layanan atau usia guna waduk itu sendiri. Potensi laju sedimentasi dapat dianalisis menggunakan perhitungan berdasarkan persamaan menurut Kurniawan, dkk., (2019) sebagai berikut:

$$SDR = 0,41 \times A^{-0,3} \quad (6)$$

Persamaan untuk perhitungan hasil sedimen yang terjadi antara lain:

$$S_y = SDR \times E_a \quad (7)$$

Persamaan untuk menghitung analisis umur waduk adalah sebagai berikut:

$$T_w = \frac{\text{Kapasitas Dead Storage (m}^3\text{)}}{\text{Volume Sedimen Tahunan (m}^3\text{)}} \quad (8)$$

Metode RUSLE

Metode RUSLE atau *Revised Universal Soil Loss Equation* merupakan metode yang digunakan untuk pemetaan dalam menghitung jumlah erosi untuk memprediksi kehilangan tanah tahunan rata-rata dalam waktu yang cukup lama oleh air limpasan dari kemiringan lereng lahan dan luas area. RUSLE dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_a = R \times K \times LS \times C \times P \quad (9)$$

Dimana variabel yang digunakan pada metode ini adalah:

1. Faktor erosivitas hujan (R)

Faktor erosivitas hujan merupakan faktor yang digunakan untuk menentukan perkiraan besarnya erosi yang terjadi pada tanah. Faktor R dapat dirumuskan menggunakan persamaan yang diciptakan oleh Lenvain (1989) dalam Pamungkas (2020) sebagai berikut:

$$R = 2,21 (Rt)^{1,36} \quad (10)$$

2. Faktor erodibilitas tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah merupakan faktor kepekaan tanah pada saat tanah terjadi erosi, apabila nilai erodibilitas semakin tinggi maka nilai erodibilitas tanah akan mudah menerima erosi. Faktor erodibilitas nilai K dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Erodibilitas Nilai K

| Jenis Tanah | Faktor Erodibilitas (K) |
|---|-------------------------|
| <i>Latosol</i> cokelat kemerahan dan <i>litosol</i> | 0,43 |
| <i>Latosol</i> kuning kemerahan dan <i>litosol</i> | 0,36 |
| Kompleks <i>mediteran</i> dan <i>litosol</i> | 0,46 |
| <i>Latosol</i> kuning kemerahan | 0,56 |
| <i>Grumusol</i> | 0,20 |
| <i>Aluvial</i> | 0,47 |
| <i>Regusol</i> | 0,40 |

(Sumber : Hardiyatmo, 2012)

3. Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS)

Faktor L merupakan faktor untuk panjang lereng yang menyatakan efek dari suatu panjang lereng terhadap terjadinya erosi. Faktor S merupakan kemiringan lereng atau kecuraman lereng yang menyatakan efek dari kecuraman akibat erosi. Faktor kemiringan dan panjang lereng (LS) dapat ditentukan pada tabel yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor (LS)

| No | Kemiringan | Nilai LS |
|----|-------------|----------|
| 1 | <1% | 0,2 |
| 2 | 1% < s < 3% | 0,3 |
| 3 | 3% < s < 5% | 0,4 |
| 4 | S > 5% | 0,5 |

(Sumber : Wischmeier dan Smith, (1978) dalam Hardiyatmo, (2012))

Untuk perhitungan faktor LS dapat dihitung menggunakan persamaan menurut Perveen R dan Kumar U, (2012) dalam Taslim, dkk., (2019)) sebagai berikut:

$$LS = \left(\frac{FA \times CS}{2,21} \right)^{0,4} \times \text{power} \left(\frac{(\sin(\text{slope}) \times 0,001745)}{0,09} \right)^{1,4} \dots\dots(11)$$

4. Faktor C

Faktor C merupakan faktor pada tata kelola untuk penutup lahan dalam mencerminkan efek pada saat terjadinya erosi. Penutup permukaan merupakan bahan yang berada diatas permukaan tanah yang berguna untuk menahan turunnya air hujan dan memperlambat *run off* yang jatuh ditanah.

5. Faktor P

Faktor P merupakan nilai faktor untuk tindakan konservasi tanah. Nilai faktor P juga merupakan besarnya rasio hilangnya tanah dibawah tindakan dalam pemeliharaan tanah terhadap hilangnya tanah dari tanah yang diolah sekitar lereng. Faktor C dan P memiliki hubungan pada tata guna lahan area yang dilakukan penelitian. Tabel klasifikasi faktor CP dapat ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Faktor C

| No | Jenis Tanaman | Nilai Faktor C |
|----|-----------------------------|----------------|
| 1 | Tanah terbuka | 1,0 |
| 2 | Sawah untuk irigasi | 0,02 |
| 3 | Tegalan tidak spesifik | 0,7 |
| 4 | Rawa | 0,01 |
| 5 | Semak belukar | 0,3 |
| 6 | Perkebunan kerapatan tinggi | 0,1 |
| 7 | Perkebunan kerapatan sedang | 0,2 |
| 8 | Perkebunan kerapatan rendah | 0,5 |
| 9 | Hutan produksi | 0,2 |
| 10 | Hutan alam seresah banyak | 0,001 |
| 11 | Hutan alam seresah sedikit | 0,005 |
| 12 | Hutan produksi tebang habis | 0,5 |
| 13 | Hutan produksi tebang pilih | 0,2 |
| 14 | Tubuh air | 0,001 |
| 15 | Savana | 0,01 |
| 16 | Jagung | 0,7 |
| 17 | Kedelai | 0,399 |
| 18 | Kentang | 0,4 |
| 19 | Pisang | 0,6 |
| 20 | Padi | 0,561 |
| 21 | Permukiman | 1 |
| 22 | Waduk multifungsi | 0,001 |
| 23 | Danau, Sungai | 0,001 |
| 24 | Padi | 0,561 |
| 25 | Jagung | 0,7 |
| 26 | Kedelai | 0,399 |
| 27 | Kentang | 0,4 |
| 28 | Tebu | 0,2 |

(Sumber : Arsyad (2010) dalam Banuwa (2013))

METODE PENELITIAN

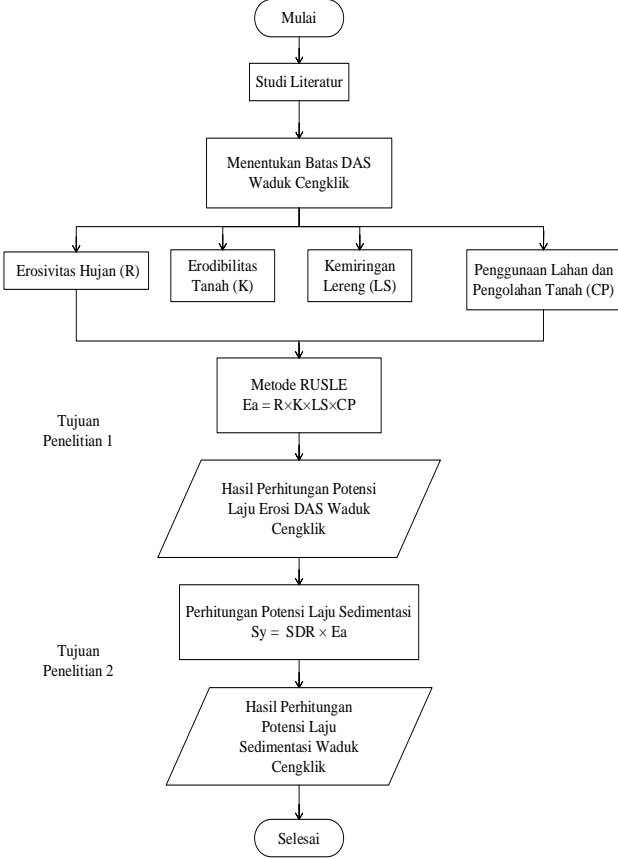
Analisis ini dilaksanakan pada Waduk Cengklik yang berlokasi di Desa Ngargorejo, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Pengairan pada Waduk Cengklik

dikelola langsung oleh Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo. Analisis ini digunakan untuk menganalisis perkiraan potensi laju erosi yang terjadi pada DAS Waduk Cengklik dan potensi laju sedimentasi yang terjadi di Waduk Cengklik. Waduk Cengklik diketahui memiliki nilai potensi sedimentasi yang cukup besar sehingga menyebabkan berkurangnya tampungan air pada waduk. Pembangunan Waduk Cengklik ini memiliki fungsi untuk keperluan irigasi persawahan area sekitar waduk serta digunakan juga sebagai destinasi wisata.

Metode penelitian yang dilakukan menggunakan data sekunder dan studi literatur. Metode yang dilakukan meliputi beberapa kegiatan sebagai berikut:

1. Menentukan wilayah atau daerah yang akan dilakukan penelitian.
2. Mengumpulkan surat administrasi permohonan dan perizinan permintaan data kepada Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo dan Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Jawa Tengah.
3. Melaksanakan survey lokasi menggunakan *google earth* dan peta tanah air indonesia geospasial portal untuk mendapatkan gambaran umum lokasi mengenai permasalahan yang diteliti.
4. Mengumpulkan studi literatur sebagai acuan atau pedoman dalam penyusunan Tugas Akhir.
5. Melaksanakan analisis dan perhitungan data curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng dan tata guna lahan dari data yang sudah didapatkan menggunakan pendekatan metode RUSLE dan melaksanakan pengolahan data menggunakan *software Arcgis*.
6. Melaksanakan perhitungan potensi laju sedimentasi dan menganalisis umur waduk dari hasil besaran laju erosi yang sudah dihitung.

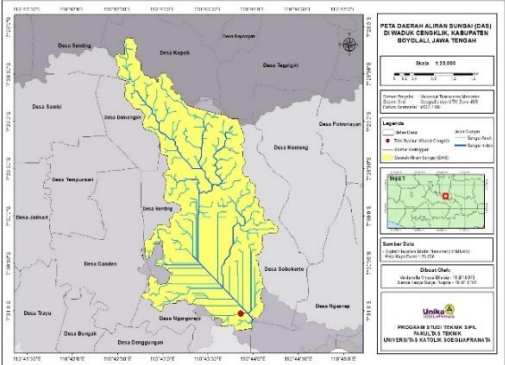
Berdasarkan tahapan – tahapan yang sudah dirinci di atas, metode analisis ini dapat digambarkan melalui diagram alir penelitian secara umum yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian potensi laju sedimentasi di laksanakan di DAS Waduk Cengklik. Das Waduk Cengklik merupakan salah satu bagian dari Das Bengawan Solo dengan total luas keseluruhan 8,6495 Km², sedangkan untuk total luas keseluruhan DAS Bengawan Solo adalah 16.100 Km². Peta DAS Waduk Cengklik dapat diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta DAS Waduk Cengklik

Analisis Bobot Luasan Pengaruh Cakupan Wilayah Stasiun Hujan

Analisis bobot luasan cakupan stasiun hujan menggunakan metode *Polygon Thiessen* untuk 2 stasiun hujan. Setelah dilakukan analisis, diketahui untuk stasiun hujan Nepen berada diluar garis pengaruh, sehingga analisis ini hanya menggunakan stasiun hujan Waduk Cengklik dengan bobot luasan pengaruh cakupan 100%.

Analisis Erosivitas Hujan (Faktor R)

Perhitungan nilai erosivitas hujan pada analisis ini menggunakan data curah hujan tahunan selama 10 tahun dari tahun 2011-2022 dengan perhitungan faktor R menggunakan persamaan 10 dengan hasil yang dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Indeks Erosivitas Hujan Tahunan Stasiun Hujan Waduk Cengklik

| No | Tahun | Curah Hujan Tahunan (mm) | Curah Hujan Tahunan (cm) | Nilai Erosivitas Hujan |
|----|-------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | 2011 | 1628 | 162,8 | 2250,31 |
| 2 | 2012 | 1953 | 195,3 | 2882,35 |
| 3 | 2013 | 2454 | 245,4 | 3932,07 |
| 4 | 2014 | 1754 | 175,4 | 2490,42 |
| 5 | 2015 | 1180 | 118 | 1452,62 |
| 6 | 2016 | 2242 | 224,2 | 3477,42 |
| 7 | 2017 | 3045 | 304,5 | 5273,16 |
| 8 | 2018 | 1141 | 114,1 | 1387,72 |
| 9 | 2019 | 1888 | 188,8 | 2752,68 |
| 10 | 2020 | 2211 | 221,1 | 3412,19 |

Berdasarkan hasil analisis erosivitas hujan dapat disimpulkan bahwa nilai indeks erosivitas hujan maksimum terjadi pada tahun 2017 sebesar 5273,16 cm. Sedangkan untuk nilai indeks erosivitas hujan minimum terjadi pada tahun 2018 sebesar 1387,72 cm.

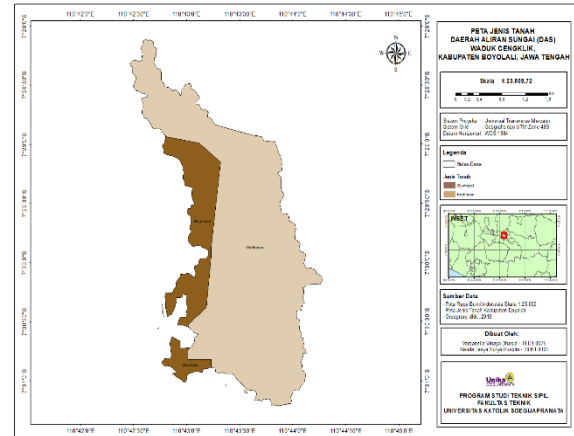
Analisis Erodibilitas Tanah (Faktor K)

Berdasarkan peta jenis tanah yang sudah diolah melalui *ArcGis* diketahui untuk klasifikasi jenis tanah yang berada di DAS Waduk cengklik didominasi oleh jenis tanah Grumusol dan tanah Mediteran yang dapat diperlihatkan pada Tabel 1. Hasil analisis faktor K dapat diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Faktor K

| No. | Jenis Tanah | Luas (Ha) | % Luas Dari Total DAS | Nilai K |
|-----|-------------|-----------|-----------------------|---------|
| 1 | Grumusol | 708,954 | 81,99 % | 0,20 |
| 2 | Mediteran | 155,727 | 18,01 % | 0,46 |

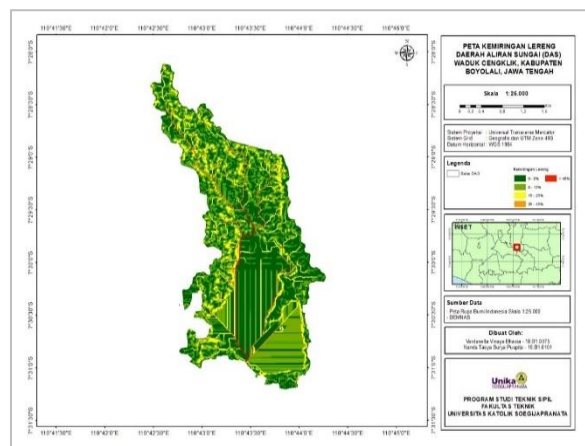
Peta jenis tanah pada DAS Waduk Cengklik dapat diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta jenis tanah pada DAS Waduk Cengklik

Analisis Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Hasil analisis pada faktor LS menunjukkan bahwa kemiringan lereng pada DAS Waduk Cengklik di dominasi oleh kemiringan lereng dengan nilai 0% - 8% dengan nilai LS sebesar 0,4 dengan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng DAS Waduk Cengklik

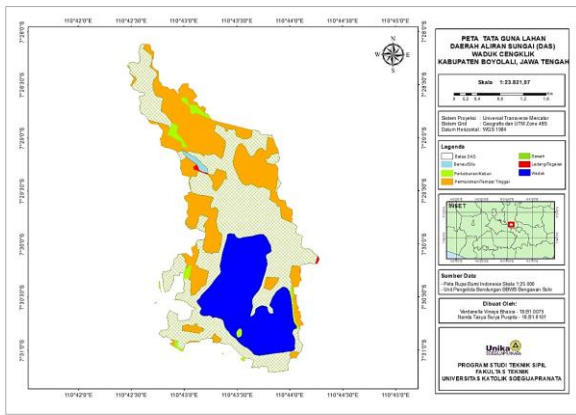
Berdasarkan peta kemiringan lereng, didapatkan klasifikasi kemiringan lereng pada analisis ini dapat diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai LS Pada DAS Waduk Cengklik

| No. | Kemiringan | Luas (Ha) | Nilai Slope | Nilai LS |
|-----|------------|-----------|-------------|----------|
| 1 | 0% - 8% | 486,748 | 2,98% | 0,4 |
| 2 | 8%-15% | 288,979 | 8,11% | 1,4 |
| 3 | 15%-25% | 61,829 | 14,30% | 3,1 |
| 4 | 25%-45% | 8,765 | 24,54% | 6,8 |
| 5 | >45% | 2,914 | 54,64% | 9,5 |

Analisis Penggunaan Lahan dan Pengolahan Tanah (Faktor CP)

Analisis penggunaan lahan dan pengolahan tanah dilakukan dengan klasifikasi menggunakan tabel 3 yang dapat ditunjukkan dengan peta pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Tata Guna Lahan DAS Waduk Cengklik

Pada penelitian penggunaan lahan pada area DAS Waduk Cengklik diketahui bahwa nilai CP didominasi oleh area sawah dengan nilai CP sebesar 0,02. Hasil klasifikasi penggunaan lahan dapat diperlihatkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Klasifikasi Nilai CP DAS Waduk Cengklik

| No | Wilayah | Total Luas (Ha) | Total Luas (%) | Nilai CP |
|----|------------------|-----------------|----------------|----------|
| 1 | Waduk | 206,152 | 23,8 | 0,001 |
| 2 | Permukiman | 243,874 | 28,2 | 1 |
| 3 | Danau/Situ | 4,412 | 0,5 | 0,001 |
| 4 | Sawah | 393,101 | 45,5 | 0,02 |
| 5 | Ladang/Tegalan | 1,424 | 0,2 | 0,7 |
| 6 | Perkebunan/Kebun | 15,986 | 1,8 | 0,5 |

Analisis Perhitungan Laju Erosi (Ea) Menggunakan Metode RUSLE

Pada variabel R, K, LS, dan CP yang sudah didapatkan, dilakukan perhitungan laju erosi

pada desa yang mencakup DAS Waduk Cengklik meliputi Desa Demangan, Desa Kepoh, Desa Ngargorejo, Desa Senting dan Desa Sobokerto.

Analisis jumlah erosi per Desa

Pada analisis perhitungan potensi laju erosi di setiap desa pada DAS Waduk Cengklik yang sudah dilaksanakan, maka dapat dilakukan analisis jumlah erosi per desa sebagai berikut. Jumlah erosi per desa pada DAS Waduk Cengklik dapat diperlihatkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Jumlah Erosi Per Desa

| Desa | Jumlah erosi (ton/tahun) | Luas (Ha) | Persentase Bobot Luas (%) |
|---------------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| Demangan | 98136,49 | 179,45 | 21,14 |
| Kepoh | 30841,09 | 48,14 | 5,67 |
| Ngargorejo | 48953,94 | 120,33 | 14,18 |
| Senting | 116797,04 | 269,03 | 31,70 |
| Sobokerto | 54950,37 | 231,72 | 27,30 |
| Jumlah | 349678,92 | 848,65 | 100 |

Berdasarkan tabel diatas, dapat diketahui bahwa potensi laju erosi terbesar terjadi di Desa Senting dengan nilai laju erosi sebesar 116797,04 ton/ha/tahun, serta untuk potensi laju erosi terendah terjadi di Desa Kepoh dengan nilai laju erosi sebesar 30841,09 ton/ha/tahun.

Analisis jumlah erosi per hektar

Setelah dilakukan analisis jumlah erosi per desa, maka dapat dilakukan analisis jumlah erosi per hektar pada DAS Waduk Cengklik dapat diperlihatkan pada Tabel 9.

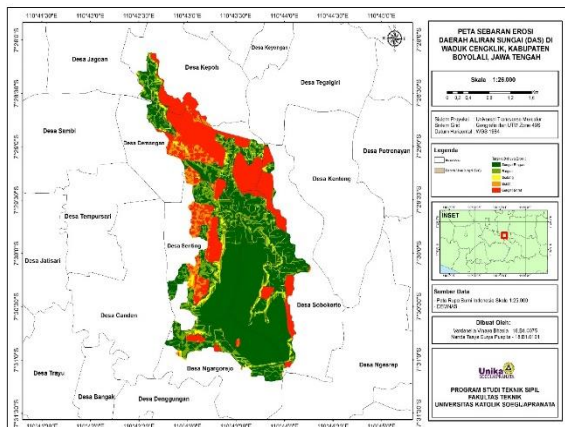
Tabel 9. Jumlah Erosi Per Hektar

| Desa | Jumlah erosi (ton/tahun) | Luas (ha) | Jumlah erosi (ton/ha/tahun) | TBE |
|---------------|--------------------------|---------------|-----------------------------|--------------|
| Demangan | 98136,49 | 179,45 | 546,89 | Sangat Berat |
| Kepoh | 30841,09 | 48,14 | 640,69 | Sangat Berat |
| Ngargorejo | 48953,94 | 120,33 | 406,84 | Berat |
| Senting | 116797,04 | 269,03 | 434,15 | Berat |
| Sobokerto | 54950,37 | 231,72 | 237,14 | Berat |
| Jumlah | 349678,92 | 848,65 | 412,04 | Berat |

Berdasarkan tabel 9 dapat diperlihatkan bahwa laju erosi tertinggi terletak pada Desa Kepoh dengan nilai laju erosi per hektar sebesar 640,69 ton/ha/tahun. Desa Kepoh terletak pada daerah hulu DAS Waduk Cengklik dengan

kemiringan 54,64% dengan jenis tanah didominasi oleh tanah mediteran dan penggunaan lahan sebagai permukiman.

Pada hasil perhitungan dan analisis laju erosi, dapat diklasifikasikan dalam bentuk peta sebaran erosi berdasarkan batas desa yang mencangkup pada DAS Waduk Cengklik dapat diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Sebaran Erosi DAS Waduk Cengklik

Analisis potensi laju sedimentasi pada Waduk Cengklik

Setelah di peroleh nilai laju erosi (E_a), maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan potensi laju sedimentasi pada Waduk Cengklik berdasarkan persamaan 6 dan 7, oleh karena itu didapatkan nilai hasil sedimen pada Waduk Cengklik sebesar $73432,57 \text{ ton/tahun} = 275502,84 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan potensi laju sedimentasi pada DAS Waduk Cengklik, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. a. Luas DAS Waduk Cengklik sebesar 8,6495 Km^2 atau 864,95 Ha.
- b. Besarnya potensi laju erosi (E_a) pada DAS Waduk Cengklik yang mencangkup 5 desa meliputi Desa Demangan, Desa Kepoh, Desa Ngargorejo, Desa Senting dan Desa Sobokerto memiliki nilai total sebesar $412,04 \text{ ton/ha/tahun}$.

- c. Berdasarkan kriteria erosi, DAS Waduk Cengklik termasuk kedalam kelas IV dengan klasifikasi erosi berat.
- d. Potensi laju erosi yang terjadi pada 5 desa di DAS Waduk Cengklik didapatkan bahwa Desa Senting dengan nilai laju erosi per desa sebesar $116797,038 \text{ ton/ha/tahun}$ dengan persentase bobot luas 31,70%.
- e. Desa Kepoh merupakan wilayah yang menyumbang tingkat erosi sangat berat pada DAS Waduk Cengklik dengan nilai erosi sebesar $640,69 \text{ ton/ha/tahun}$.
- f. Berdasarkan pengolahan data menggunakan *ArcGis*, untuk penetapan jenis tanah wilayah DAS Bengawan Solo ditemukan 2 jenis tanah yaitu jenis tanah Mediteran dan jenis tanah Grumusol. Adapun jenis tanah Mediteran merupakan jenis tanah yang mendominasi dan penyumbang terjadinya erosi terbesar.
- g. Berdasarkan pengolahan data menggunakan *ArcGis*, untuk penetapan tata guna lahan wilayah DAS Bengawan Solo ditemukan bahwa wilayah permukiman dan sawah mendominasi terjadinya erosi.

2. Potensi laju sedimentasi pada Waduk Cengklik sebesar $73432,57 \text{ ton/tahun} = 275502,84 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Langkah dalam mengurangi laju erosi berdasarkan tata guna lahan sebagai berikut:
 - a. Permukiman

Sebagai penyumbang faktor erosi terbesar, wilayah permukiman hendaknya diberikan sarana untuk tampungan air hujan berupa sumur resapan.
 - b. Sawah

Pembuatan terasering sangat berguna untuk mengurangi panjang lereng

- sehingga akan menghambat terjadinya erosi.
2. Penduduk yang tinggal di area Desa Kepoh dan Desa Demangan dengan potensi terjadinya erosi yang tinggi, hendaknya diberi pengetahuan dalam menanggulangi erosi.
 3. Konsekuensi pada Waduk Cengklik akibat dari tidak ada volume tampungan mati, maka area Waduk Cengklik perlu dilakukan pengerukan setiap tahun guna menjaga umur waduk.
 4. Untuk studi selanjutnya dapat dilakukan perhitungan volume tampungan mati waduk agar dapat dilakukan analisis umur waduk pada Waduk Cengklik.
 5. Perlu diperhatikan pada saat perencanaan dan pembangunan waduk harus memperhatikan untuk tempat volume tampungan mati.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrosyid, J., dan Saputra, K. D. A. (2022): Perbandingan antara metode USLE dan MUSLE dalam analisis erosi lahan pada daerah tangkapan air Waduk Cengklik, *Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 1(1), 54-61.
- Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, 2022: Wujudkan sinergitas infrastruktur SDA di Kabupaten Boyolali diperoleh dari situs internet: <https://sda.pu.go.id/balai/bbwsbengawan-solo/portal/index.php/tag/waduk-cengklik/>. Diunduh pada tanggal 9 November 2022, pukul 15.30 WIB.
- Banuwa, I. S. (2013): *Erosi*, Prenadamedia Group Jakarta, 78.
- Fadia, S. (2022): Solusi sedimentasi terapung di Waduk Cengklik, diperoleh dari situs internet: [https:// Mas Sopili, Solusi Sedimentasi Terapung di Waduk Cengklik | Radar Solo \(jawapos.com\)](https://mas.sopili.com/solusi-sedimentasi-terapung-di-waduk-cengklik-radar-solo). Diunduh pada 14 November 2022, pukul 11.00 WIB.
- Hardiyatmo, H.C. (2012): *Tanah longsor dan erosi kejadian dan penanganan*, Gadjah Mada University Press, 381, 385, 388-390, 392-393.
- Kurniawan, A., Noerhayati, E., dan Suprpto, B. (2019): Analisa sedimentasi Daerah Aliran Sungai (DAS) Lesti dalam memperkirakan umur Waduk Sengguruh, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 109.
- Marwoto, B. D. (2012): Sedimentasi Waduk Cengklik 8,5 juta meter kubik, diperoleh dari situs internet: [https:// Berita Jawa Tengah Terkini ANTARA Jateng \(antaranews.com\)](https://berita.jawatengah.com). Diunduh pada tanggal 14 November 2022, pukul 11.30 WIB.
- Marhendi, T. (2013). Strategi pengelolaan sedimentasi waduk. *Techno, Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 14(2), 29-41.
- Pamungkas, D. (2020): Pemetaan tingkat bahaya erosi dengan metode RUSLE di Sub Das Garang Hulu, *Tugas Akhir Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Semarang*, 12.
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun (2012) Tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- Santoso, A. A., Nugraha, A. L., dan Wijaya, A. P. (2014): Analisis Ancaman Bencana Erosi Pada Kawasan DAS Beringin Kota Semarang Menggunakan Sistem Informasi Geografis, *Jurnal Geodesi Undip*, 3(4), 60-68.
- Sisinggih, D., Wahyuni, S., dan Hidayat, F. (2021): *Sedimentasi waduk*, Universitas Brawijaya Press, 3, 8.
- Taslim, R. K., Mandala, M., dan Indarto, I. (2019): Prediksi Erosi di Wilayah Jawa Timur: Penerapan USLE dan GIS, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 325.
- Yasa, W.I., Budianto, B.M., dan Santi, K.M.N. (2015): Analisis beberapa metode pengisian data hujan yang hilang di wilayah sungai Pulau Lombok, *Jurnal Spektrum Sipil*, 2(1), 49-50. g