

STUDI ANALISIS PENGARUH EROSI DAN SEDIMENTASI TERHADAP UMUR WADUK SELOREJO KECAMATAN NGANTANG KABUPATEN MALANG

Alvito Dheanova¹, Azizah Rokhmawati², Budi Santoso³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: alvitodheanova06@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: azizah.rachmawati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: budisan@unisma.ac.id

ABSTRACT

Selorejo Reservoir is a tourist destination located in Pandansari Village, Ngantang Subdistrict, Malang Regency, East Java Province. The planning and management of a reservoir cannot be separated from the estimation of its remaining effective lifespan, which inherently involves consideration of the volume of sediment expected to accumulate during its operational period. The objectives of this study are to estimate the rate of erosion entering the reservoir using the Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE), to determine the sediment yield from the reservoir's watershed using the Sediment Delivery Ratio (SDR) method, and to calculate the reservoir's remaining effective lifespan through an empirical approach. The results of this study indicate that the Selorejo Reservoir is categorized as having a high erosion hazard level, with an estimated annual erosion of 237.012,94 tons/years atau 182.318,41 m³/years. The Konto sub-watershed contributes the highest sediment yield, with a sediment transport rate of $Q_s = 0.0339$ and water discharge $Q_w = 1.3241$, resulting in an average sediment volume of 54,440.76 m³/year. Based on empirical calculations, the remaining effective lifespan of the reservoir is estimated to be only 12 years, with a trap efficiency of 95.46%.

Keywords : *Erosion, Sedimentation, Remaining Life of Reservoir*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Waduk Selorejo merupakan salah satu infrastruktur sumber daya air yang sekaligus difungsikan sebagai kawasan wisata alam, terletak di wilayah administratif Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Pengelolannya berada di bawah kewenangan Perusahaan Umum Jasa Tirta I, sebuah badan usaha milik negara yang berperan dalam pengelolaan wilayah sungai. Sejak resmi beroperasi pada tahun 1973 waduk ini telah memberikan kontribusi signifikan baik dalam aspek lingkungan maupun sosial-ekonomi masyarakat sekitar. Dengan cakupan wilayah mencapai 650 hektar kualitas air di Waduk Selorejo berdasarkan analisis kimia diklasifikasikan dalam kategori kelas II yang menunjukkan bahwa airnya masih memenuhi syarat untuk berbagai keperluan meskipun dengan batasan

tertentu sesuai standar lingkungan hidup. Perencanaan sebuah waduk tidak dapat dipisahkan dari perhitungan mengenai usia guna waduk, yang mana perencanaan tersebut selalu mempertimbangkan jumlah sedimen yang diperkirakan akan terakumulasi selama masa operasi waduk.

Akumulasi sedimen atau sedimentasi menjadi persoalan krusial yang kerap dihadapi pada sistem waduk, karena dapat mempercepat penurunan kapasitas tampung dan berdampak langsung terhadap berkurangnya umur teknis waduk tersebut. Fenomena ini dipengaruhi oleh sejumlah variabel kompleks, di antaranya adalah dinamika hidrologi kawasan tangkapan air, volume dan karakteristik sedimen yang terbawa masuk (*inflow*), bentuk dan konfigurasi fisik waduk, strategi pengoperasian waduk, serta sifat fisik dan kimia dari material sedimen itu sendiri. Interaksi antar faktor tersebut

menciptakan dinamika sedimentasi yang menuntut perhatian serius dalam perencanaan maupun pengelolaan sumber daya air secara berkelanjutan [1]. Sedimentasi pada waduk umumnya berasal dari erosi tanah dan sungai sepanjang jalur alirannya, yang kemudian terbawa hingga waduk dan mengendap di dasar waduk. Akumulasi sedimen ini akan mengurangi volume tampungan waduk secara bertahap, yang berimbas pada perubahan luas dan kapasitas tampungan waduk tersebut [2].

Dalam rangka memperkirakan potensi dan tingkat erosi pada suatu wilayah tangkapan air, salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah metode MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*). Metode ini memungkinkan estimasi kehilangan tanah akibat erosi melalui pemanfaatan teknologi sistem informasi geografis (SIG) khususnya dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS versi 10.8.2. Aplikasi ini sangat membantu dalam proses analisis terhadap variabel-variabel spasial seperti panjang dan kemiringan lereng, tipe penggunaan lahan, serta sifat fisik tanah pada wilayah Sub-DAS yang bermuara ke waduk. ArcGIS sendiri merupakan *software* berbasis GIS yang dikembangkan oleh *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), dan mencakup fitur yang terintegrasi antara *platform server*, desktop, hingga layanan berbasis web [3].

Sementara itu untuk menentukan estimasi sisa umur operasional waduk digunakan metode pendekatan empiris. Pemilihan metode ini didasarkan pada kesesuaiannya dengan karakteristik permasalahan yang ditemukan di lokasi penelitian. Pendekatan empiris tersebut mencakup prosedur teknis yang terstruktur guna menghitung laju akumulasi sedimen pada bendungan, di mana proses analisisnya turut dibantu dengan platform ArcGIS versi 10.8.2 [4].

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa besar laju erosi yang masuk ke Waduk Selorejo dengan metode MUSLE?
2. Berapa besar kontribusi sedimentasi dari Daerah Aliran Sungai terhadap tampungan Waduk Selorejo?
3. Berapa tahun sisa umur guna Waduk Selorejo terhitung sejak penelitian ini dilakukan?

1.3. Tujuan

1. Untuk mengetahui besar laju erosi yang terjadi.
2. Untuk mengetahui kontribusi sedimentasi dari Daerah Aliran Sungai terhadap tampungan Waduk Selorejo.
3. Untuk mengetahui sisa umur guna Waduk Selorejo terhitung sejak penelitian ini dilakukan.

1.4. Ruang Lingkup

1. Lokasi penelitian berada di Waduk Selorejo, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang.
2. Analisis erosi menggunakan metode MUSLE, meliputi:
 - Delineasi dan pembagian wilayah sub-DAS.
 - Penentuan faktor erodibilitas tanah (K) dan faktor penggunaan lahan (CP) dengan bantuan ArcGIS.
 - Analisis faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) menggunakan perangkat lunak ArcGIS.
 - Estimasi limpasan permukaan (runoff).
 - Perhitungan potensi erosi dan beban sedimen menuju waduk.
3. Estimasi nilai *Sediment Delivery Ratio* (SDR).
4. Analisis tingkat sedimentasi pada daerah tangkapan Waduk Selorejo.
5. Menganalisa Sisa Usia Guna Waduk Selorejo.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Waduk merupakan infrastruktur buatan yang berfungsi untuk menampung air di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Pemanfaatan waduk mencakup pengairan lahan pertanian, pengelolaan perikanan, pengendalian banjir sebagai regulator aliran air, serta sebagai tanggul untuk menampung limpasan air sungai guna mencegah genangan di wilayah yang lebih rendah. Selain itu, waduk juga dimanfaatkan sebagai sumber air minum dan area pengembangan pariwisata [5].

2.2. Analisa Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan tahapan fundamental dalam perencanaan awal

konstruksi bangunan-bangunan hidraulik. Kajian ini mencakup pemahaman terhadap karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu suatu wilayah yang secara alami dibatasi oleh kontur topografi seperti perbukitan atau pegunungan di mana curah hujan yang jatuh di kawasan tersebut akan mengalir menuju saluran sungai utama dan bermuara pada titik kontrol tertentu. Proses aliran dalam DAS inilah yang berperan dalam membawa material sedimen dari wilayah tangkapan menuju waduk sehingga memahami pola aliran DAS menjadi aspek krusial dalam memprediksi dan mengelola akumulasi sedimen di waduk [6].

2.3. MUSLE (*Modified Universal Soil Equation*)

Untuk mengestimasi besarnya tingkat erosi pada suatu wilayah, digunakan pendekatan *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE). Metode ini menghitung potensi kehilangan tanah berdasarkan sejumlah parameter utama, yaitu faktor erodibilitas tanah (K), faktor topografi yang mencakup panjang dan kemiringan lereng (LS), serta faktor penggunaan lahan dan tindakan konservasi (CP). Secara umum, formulasi matematis dari metode MUSLE dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut [7] :

$$S_y = 11,8 (Q_p \cdot V_Q)^{0,56} \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (2.1)$$

Dimana:

- S_y = hasil sedimen tiap kejadian hujan (ton)
 Q_p = debit puncak (m^3 / detik)
 V_Q = volume aliran pada suatu kejadian hujan (m^3)
 R = $11,8 (Q_p \cdot V_Q)^{0,56}$

2.4. Umur Efektif Waduk

Volume sedimen yang terakumulasi secara langsung memengaruhi keberlanjutan fungsi waduk khususnya dalam menentukan estimasi umur operasionalnya. Dalam penelitian ini pendekatan empiris digunakan untuk memperkirakan sisa umur waduk dengan menggunakan model perhitungan yang dinyatakan melalui persamaan sebagai berikut:

$$T = V / (V_s \cdot E) \quad (2.2)$$

Dimana :

- T = Tahun efektif (tahun)

V = Volume tampungan mati (m^3 /juta)

E = luas daerah aliran sungai (km^2)

V_s = Volume sedimen yang masuk per satuan luas DAS

$$V_s = E \times SDR \times \rho \quad (2.3)$$

Dimana :

V_s = Volume sedimen yang masuk ke waduk (m^3 /tahun)

E = Total erosi dari DAS (ton/tahun)

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

ρ = Berat jenis sedimen (*bulk density*), biasanya sekitar 1,3–1,6 ton/ m^3

$$SDR = 0,427 \times A^{-0,11} \quad (2.4)$$

Dimana :

A = Luas DPS (km^2)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Waduk Selorejo yang secara geografis terletak di bagian utara Gunung Kelud, sebuah gunung api aktif yang terakhir kali mengalami erupsi pada awal tahun 2014. Lokasi waduk berada dalam administrasi Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Secara koordinatif, Waduk Selorejo terletak pada posisi 7°51'47,34" Lintang Selatan dan 112°21'40,9" Bujur Timur.

3.2. Data Yang Digunakan

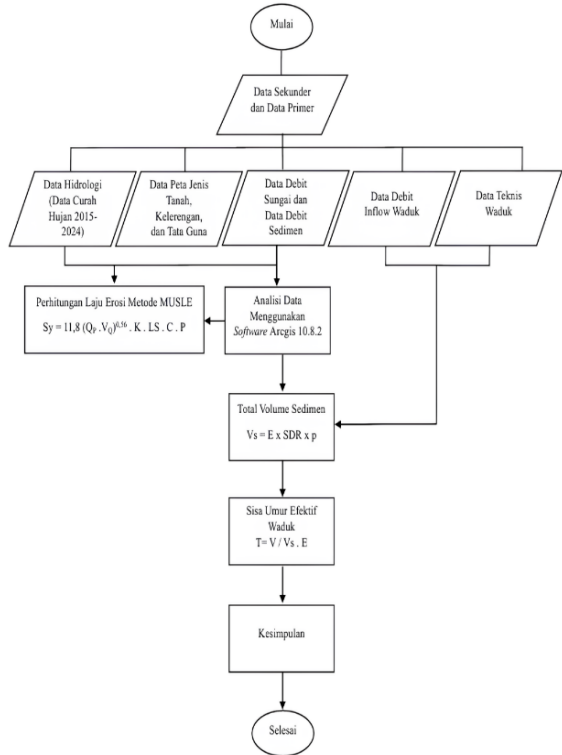
1. Data curah hujan 10 tahun terakhir untuk analisis rata-rata dan kestabilan hujan tahunan.
2. Peta penggunaan lahan, kemiringan lereng, dan jenis tanah untuk estimasi erosi menggunakan ArcGIS 10.8.2.
3. Data *echosounding* untuk menghitung kapasitas waduk terkini.
4. Debit sungai sebagai dasar perhitungan laju erosi.
5. Debit sedimen untuk mengetahui volume sedimen yang terbawa.
6. Debit *inflow* sebagai masukan utama analisis hidrologi waduk.

3.3. Tahapan Penyelesaian

1. Menghitung rata-rata curah hujan tahunan berdasarkan data 10 tahun terakhir.
2. Mengestimasi laju erosi dengan menerapkan metode *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE).

- Perhitungan besar laju sedimen pada DAS Waduk Selorejo.
- Perhitungan sisa umur efektif Waduk Selorejo.

3.4. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Air Penelitian
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Konsistensi Data Hujan

Konsistensi data antarstasiun pengamatan dianalisis menggunakan pendekatan *double mass curve* yang memungkinkan evaluasi keterandalan dan keseragaman data historis.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan

Tahun	Sta. Ngroto	Sta. Kedungrejo	Sta. Kaumrejo
2015	1594	1296	3124
2016	3015	2540	4089
2017	2415	2300	3605
2018	1925	2019	3672
2019	1708	3029	3492
2020	3071	1858	5477
2021	3315	2137	6622
2022	3046	2034	6889
2023	1709	3109	4112
2024	3633	2149	4802

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

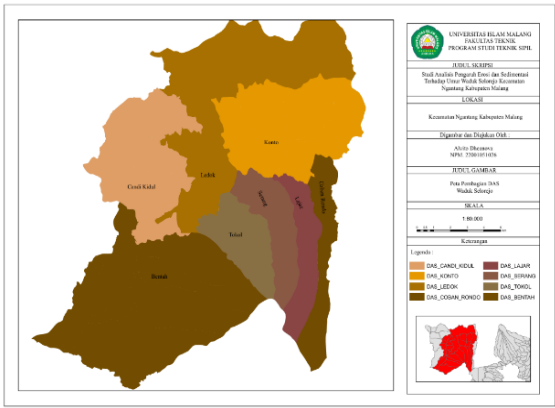
Tabel 4.2 Uji Konsistensi Data Hujan

Tahun	Sta. Ngroto	Sta. Kedungrejo	Sta. Kaumrejo	Kumulatif Stasiun Ngroto	Rata-rata Pembandingan (Sta. Kedungrejo dan Sta. Kaumrejo)	Kumulatif Stasiun Pembandingan
2015	1594	1296	3124	1594	2210	2210
2016	3015	2540	4089	4609	3315	5525
2017	2415	2300	3605	7024	2953	8478
2018	1925	2019	3672	8949	2846	11324
2019	1708	3029	3492	10657	3261	14585
2020	3071	1858	5477	13728	3668	18253
2021	3315	2137	6622	17043	4370	22623
2022	3046	2034	6889	20089	4462	27085
2023	1709	3109	4112	21798	3611	30696
2024	3633	2149	4802	25431	3476	34172

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4.2. Penentuan Nilai Faktor K, LS, dan CP

Dalam penerapan metode MUSLE diperlukan tiga komponen utama yakni faktor erodibilitas tanah (K), faktor topografi berupa panjang dan kemiringan lereng (LS), serta faktor penutup dan pengelolaan lahan (CP). Seluruh parameter tersebut diperoleh dan dianalisis menggunakan bantuan perangkat lunak ArcGIS versi 10.8.2 untuk memastikan ketepatan spasial. Berikut merupakan hasil yang diperoleh dari digitasi peta Sub-DAS Waduk Selorejo:



Gambar 4.1. Peta Pembagian DAS Waduk Selorejo

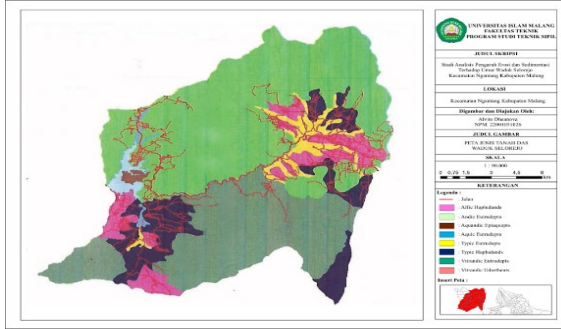
Sumber : Digitasi *Software* Arcgis 10.8.2

Tabel 4.3. Luas Area Sub-DAS

No	Sub-DAS	Area (km ²)
1	Bentah	54,485
2	Candi Kidul	46,079
3	Konto	36,564
4	Ledok	27,581
5	Coban Rondo	23,508
6	Lajar	16,082
7	Serang	9,416
8	Tokol	23,979

Sumber: Digitasi *Software* Arcgis 10.8.2

1) Nilai Faktor Erodibilitas (K)



Gambar 4.2. Peta Jenis Tanah DAS Waduk Selorejo

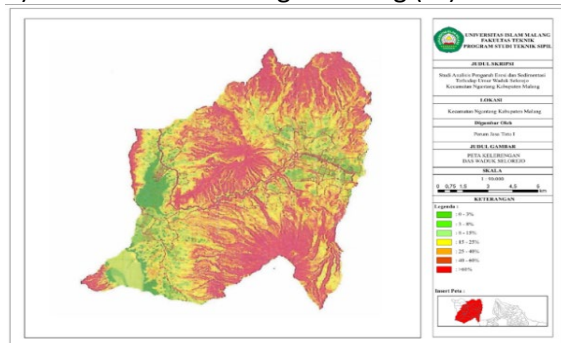
Sumber: Digitasi *Software* Arcgis 10.8.2

Tabel 4.4. Nilai Faktor K

No	Sub-DAS	K
1	Bentah	1,55
2	Candi Kidul	1,58
3	Konto	0,92
4	Ledok	0,94
5	Coban Rondo	1,21
6	Lajar	1,21
7	Serang	1,05
8	Tokol	0,9

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

2) Nilai Faktor Kemiringan Lereng (LS)



Gambar 4.3. Peta Kelerengan DAS Waduk Selorejo

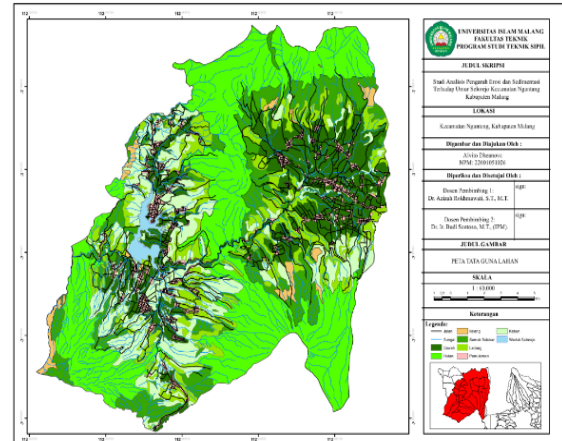
Sumber: Dinas Perum Jasa Tirta I

Tabel 4.5. Nilai Faktor LS

No	Sub-DAS	Kemiringan	LS
1	Bentah	2-8%	0,4
2	Candi Kidul	8-15%	1,4
3	Konto	8-15%	1,4
4	Ledok	8-15%	1,4
5	Coban Rondo	15-25%	3,1
6	Lajar	2-8%	0,4
7	Serang	2-8%	0,4
8	Tokol	8-15%	1,4

Sumber: Dinas Perum Jasa Tirta I

3) Nilai Faktor Penutup Lahan (C) dan Pengelolaan Lahan (P)



Gambar 4.4. Peta Tata Guna Lahan DAS Waduk Selorejo

Sumber: Digitasi *Software* Arcgis 10.8.2

Tabel 4.6. Nilai Faktor Penutup Lahan (C)

N o	Sub-DAS	Nilai Faktor Penutup Lahan (C)
1	Bentah	0,70
2	Candi Kidul	1,21
3	Konto	1,93
4	Ledok	1,16
5	Coban Rondo	0,91
6	Lajar	1,31
7	Serang	1,41
8	Tokol	1,31

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 4.7. Nilai Faktor Pengelolaan Lahan (P)

No	Sub-DAS	Kemiringan	Nilai Faktor Pengelahan Lahan (P)
1	Bentah	2–8%	0,55
2	Candi Kidul	8–15%	0,50
3	Konto	8–15%	0,40
4	Ledok	8–15%	0,40
5	Coban Rondo	15–25%	0,30
6	Lajar	2–8%	0,60
7	Serang	2–8%	1,00
8	Tokol	8–15%	0,50

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4) Limpasan Permukaan *Runoff* (R)

Tabel 4.8. Nilai Faktor Limpasan Permukaan

No	Sub-DAS	a	$(Q_p \times V_Q)^{0,56}$	Limpasan Permukaan <i>Runoff</i> (R)
1	Bentah	11,8	1.951,20	23.024,12
2	Candi Kidul	11,8	3.841,41	33.267,29
3	Konto	11,8	2.819,26	45.328,60
4	Ledok	11,8	1.777,53	20.974,83
5	Coban Rondo	11,8	2.056,01	24.260,92
6	Lajar	11,8	1.981,26	23.378,86
7	Serang	11,8	7.364,05	86.895,84
8	Tokol	11,8	2.111,87	24.920,11

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Setelah didapatkan nilai K, LS, C, P dan R, berikut merupakan rekapitulasi nilai K, LS, C, P dan R :

Tabel 4.9. Rekapitulasi Nilai K, LS, C, P, dan R

No	Sub-DAS	R	K	LS	C	P
1	Bentah	23.024,12	1,55	0,4	0,70	0,55
2	Candi Kidul	33.267,29	1,58	1,4	1,21	0,50
3	Konto	45.328,60	0,92	1,4	2,93	0,40
4	Ledok	20.974,83	0,94	1,4	1,16	0,40
5	Coban Rondo	24.260,92	1,21	3,1	0,91	0,30
6	Lajar	23.378,86	1,21	0,4	1,31	0,60
7	Serang	86.895,84	1,05	0,4	1,41	1,00
8	Tokol	24.920,11	0,9	1,4	1,31	0,50

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Setelah seluruh parameter utama dalam metode MUSLE yakni nilai K, LS, C, P serta R berhasil diperoleh, maka estimasi jumlah sedimen yang terbentuk di kawasan Waduk Selorejo dapat dihitung secara kuantitatif. Hasil perhitungan tersebut disajikan secara rinci pada tabel berikut:

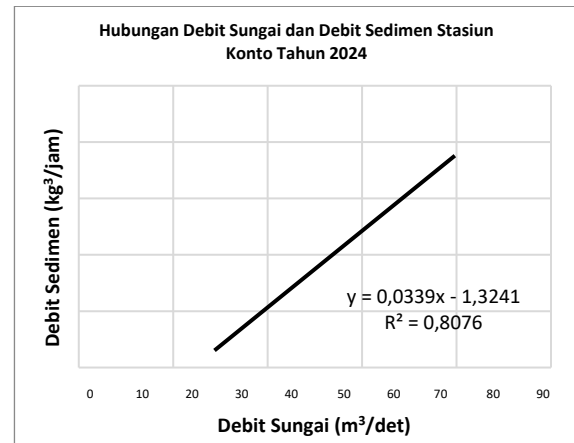
Tabel 4.10. Perhitungan Metode MUSLE

No	Sub-DAS	R	K	LS	C	P	S_y
1	Bentah	23.024,12	1,55	0,4	0,70	0,55	5.495,86
2	Candi Kidul	33.267,29	1,58	1,4	1,21	0,50	44.520,29
3	Konto	45.328,60	0,92	1,4	2,93	0,40	68.425,15
4	Ledok	20.974,83	0,94	1,4	1,16	0,40	12.807,73
5	Coban Rondo	24.260,92	1,21	3,1	0,91	0,30	24.843,74
6	Lajar	23.378,86	1,21	0,4	1,31	0,60	8.893,88
7	Serang	86.895,84	1,05	0,4	1,41	1,00	51.459,72
8	Tokol	24.920,11	0,9	1,4	1,31	0,50	20.566,57
Hasil Erosi							237.012,94 ton/tahun

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

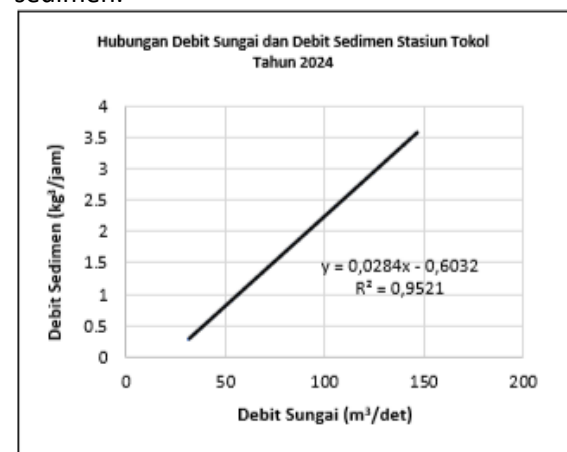
4.3. Debit Sungai dan Debit Sedimen

Langkah berikutnya adalah menyusun grafik hubungan antara debit aliran sungai dan debit sedimen. Hubungan tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik dengan menggunakan skala logaritmik untuk memperoleh pola hubungan yang lebih representatif. Visualisasi grafik tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.5. Grafik Relasi antara Debit Aliran Sungai dan Debit Sedimen pada Sub-DAS Konto
Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Pada Stasiun Konto tahun 2024, diperoleh persamaan $Q_s = 0,0339$ dan $Q_w = 1,3241$ dengan nilai R^2 sebesar 0,8076 yang menunjukkan hubungan kuat antara debit aliran dan debit sedimen.



Gambar 4.6. Grafik Relasi antara Debit Sungai dan Debit Sedimen pada Sub-DAS Tokol
Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

Pada Stasiun Tokol tahun 2024 diperoleh persamaan $Q_s = 0,0284$ dan $Q_w = 0,6032$ dengan nilai R^2 sebesar 0,9521 yang menunjukkan hubungan sangat kuat antara debit aliran dan debit sedimen.

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa kontribusi terbesar sedimen menuju Waduk Selorejo berasal dari Sub-DAS Konto.

4.4. Rendaman Jerat (*Trap Efficiency*)

Contoh perhitungan:

$$a = 100$$

$$n = 1,5$$

$$\text{perubahan tampungan waduk} = 1.400 \text{ juta/m}^3$$

$$x = 1.400 / 4.388,60$$

$$= 0,319$$

$$Y = 100 \left(1 - \frac{1}{1 + 100 \times 0,319} \right)^{1,5}$$

$$= 95,46\%$$

Tabel 4.11 Perhitungan *Trap Efficiency* Menggunakan Metode Brune Numerik

Tahun	a	N	Perubahan Tampungan (juta/m ³)	Inflow Tahunan (juta/m ³)	x	Trap Efisiensi (%)
2024	100	1,5	1.400	4.388,60	0,319	95,46

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4.5. Sisa Umur Efektif Waduk

1) Rasio Pengangkutan Sedimen (SDR)

Berdasarkan persamaan tersebut, sisa umur efektif waduk kemudian dihitung menggunakan pendekatan empiris dengan rumus sebagai berikut:

$$SDR = 0,427 \times A^{-0,11}$$

Dimana :

$$A = \text{Luas DPS (km}^2\text{)}$$

$$SDR = 0,427 \times A^{-0,11}$$

$$= 0,427 \times 50^{-0,11}$$

$$= 0,2776 \rightarrow 27,76\%$$

2) Perhitungan Sisa Umur Efektif Waduk

Akumulasi sedimen memiliki dampak signifikan terhadap umur operasional waduk. Dalam studi ini, estimasi umur waduk dilakukan menggunakan pendekatan empiris, dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{E \times SDR}{\rho}$$

$$= \frac{237.012,94 \times 0,2776}{1,5}$$

$$= 54.440,76 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$T = \frac{V}{V_s \times E}$$

$$= \frac{237.012,94}{54.440,76 \times 50}$$

$$= 11,7 \rightarrow 12 \text{ tahun}$$

Dari metode pendekatan persamaan empiris yang digunakan diatas dengan

perhitungan berdasarkan data erosi, echosunding, dan sedimen, dapat disimpulkan bahwa sisa umur efektif Waduk Selorejo yaitu 12 tahun dengan efisiensi tangkapan waduk 95,46%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada Bab IV, diperoleh sejumlah temuan penting yang dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Tingkat erosi di wilayah Sub-DAS Waduk Selorejo tergolong sangat tinggi. Berdasarkan metode MUSLE estimasi kehilangan tanah mencapai ± 237.013 ton/tahun atau setara 182.318 m^3 .
2. Debit sedimen terbesar berasal dari Sub-DAS Konto dengan hasil $Q_s = 0,0339$ kg/detik dan $Q_w = 1,3241$ kg/detik dengan volume masuk ke waduk mencapai $54.440,76 \text{ m}^3/\text{tahun}$.
3. Umur efektif Waduk Selorejo tersisa sekitar 12 tahun, dengan efisiensi tampungan saat ini sebesar 95,46%.

5.2 Saran

Beberapa rekomendasi yang dapat diajukan berdasarkan hasil studi ini antara lain sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan upaya mitigasi untuk meminimalkan laju erosi di wilayah Sub-DAS, melalui konservasi tanah dan air, seperti penerapan sistem terasering, vegetasi penutup tanah, pembangunan bangunan pengendali sedimen (*check dam*), serta penataan kembali tata guna lahan agar sesuai dengan tingkat kerentanannya terhadap erosi.
2. Untuk mengurangi laju sedimentasi yang masuk ke dalam waduk, perlu diterapkan strategi mitigasi berupa penghijauan kembali pada lahan kritis di daerah tangkapan air serta pembangunan bangunan konservasi tanah dan air seperti *check dam* dan *sabo dam*.
3. Keterbatasan penelitian ini terletak pada cakupan wilayah analisis yang hanya mencakup dua dari delapan Sub-DAS yang seharusnya dianalisis secara menyeluruh. Untuk itu, disarankan pada penelitian selanjutnya agar mencakup seluruh Sub-DAS

- agar hasil analisis yang diperoleh dapat lebih representatif dan mendukung pengambilan keputusan mitigasi yang lebih komprehensif.
4. Untuk masyarakat sendiri juga bisa berperan dengan cara melakukan tindakan konservasi lahan, tidak merusak ekosistem hutan, serta pengelolaan lahan pertanian dibuat terasiring untuk menahan laju erosi agar tidak terlalu besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyono Heru Setyo, Achmad Saiful Arifin, Ita Suhermin Ingsih, Ruli Saefudin, Imam Mustofa, *"Retaining Wall Innovation of Stone and Reinforced Concrete to Stand Guard Against Landslides and Warthquakes," J. Innov. Civ. Eng. JICE*, vol. 6, pp. 26–38, 2025.
- [2] A. Kurniawan, E. Noerhayati, B. Suprpto, J. M. H. No, and J. Timur, "Analisa Sedimentasi Daerah Aliran Sungai (Das) Lesti Dalam Mem-Perkirakan Umur Waduk Sengguruh".
- [3] S. Dharwita, E. Noerhayati, and A. Rachmawati, "Pengaruh Erosi Dan Sedimentasi Terhadap Umur Efektif Waduk Karangates Berbasis Arcgis," vol. 8, Feb. 2020.
- [4] H. Fakaubun Furqqon, B. Suprpto, and Rokhmawati Azizah, "Analisa Laju Sedimentasi Pada Bendung Yahukimo Kabupaten Yahukimo Dengan *Software Arcgis*".
- [5] E. Noerhayati and A. Rokhmawati, "Analisa Sedimentasi Berbasis Arcview Gis Pada Bendungan Sumi Kabupaten Bima," vol. 12, Agustus 2022.
- [6] Kementrian PUPR, Modul 3 Pelatihan Perencanaan Bangunan Sabo Tahun 2018. 2018.
- [7] Y. Zhang, J. Degroote, C. Wolter, and R. Sugumaran, *"Integration of modified universal soil loss equation (MUSLE) into a gis framework to assess soil erosion risk," Land Degrad. Dev.*, vol. 20, no. 1, pp. 84–91, Jan. 2009, doi: 10.1002/ldr.893.