

ANALISIS LAJU EROSI DAN SEDIMENTASI BENDUNGAN BAGONG DENGAN PERBANDINGAN METODE *MUSLE* DAN PERMODELAN *HEC-RAS*

Dimas Ade Permana Putra¹, Ayisya Cindy Harifa², Novita Anggraini³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: dimasade7x@gmail.com¹, ayisya_civil@polinema.ac.id², novitaanggraini@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Bendungan Bagong memiliki peran penting dalam pengelolaan air. Namun, Bendungan Bagong juga rentan terhadap adanya sedimen yang tertahan dan mengendap. Sedimentasi pada DAS Bagong dapat menyebabkan berkurangnya kapasitas tampungan, penurunan efisiensi, dan memperpendek usia bendungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju erosi dan sedimentasi di Bendungan Bagong menggunakan metode *MUSLE* dan permodelan *HEC-RAS*. Parameter pada perhitungan metode *MUSLE* diolah dan ditentukan dengan *software ArcGIS*. Metode *MUSLE* memprediksi laju sedimentasi pada DAS Bagong sebesar 63593,848 ton/tahun, kemudian melalui pendekatan *SDR* didapatkan laju erosi sebesar 60,121 ton/ha/tahun, termasuk dalam kelas III dengan tingkat erosi sedang. Sedangkan permodelan *HEC-RAS* menunjukkan laju sedimentasi sebesar 78789,411 ton/tahun. Didapatkan usia guna Bendungan Bagong menurut laju sedimentasi metode *MUSLE* adalah 113 tahun dan menurut permodelan *HEC-RAS* adalah 91 tahun. Perbandingan kedua metode menunjukkan bahwa metode *MUSLE* menghasilkan laju sedimentasi yang lebih kecil karena hanya menggunakan parameter faktor limpasan hujan, sedangkan *HEC-RAS* menggunakan parameter debit banjir rancangan pada aliran sungai. Rasio perbandingan laju sedimentasi metode *MUSLE* dan permodelan *HEC-RAS* adalah sebesar 1 : 1,24.

Kata kunci : Erosi; Sedimentasi; *MUSLE*; *ArcGIS*; *HEC-RAS*.

ABSTRACT

The Bagong Dam has an important role in water management. However, the Bagong Dam is also susceptible to the presence of sediment that is trapped and settled. Sedimentation in the Bagong watershed can lead to reduced reservoir capacity, decreased efficiency, and shortened the life of the dam. This study aims to analyze the rate of erosion and sedimentation in the Bagong Dam using the MUSLE method and HEC-RAS modeling. The parameters in the calculation of the MUSLE method are processed and determined by ArcGIS software. The MUSLE method predicts the sedimentation rate in the Bagong watershed of 63593.848 tons/year, then through the SDR approach, an erosion rate of 60.121 tons/ha/year is obtained, including class III with a moderate erosion rate. Meanwhile, HEC-RAS modeling shows a sedimentation rate of 78789.411 tons/year. The useful age of the Bagong Dam according to the sedimentation rate of the MUSLE method is 113 years and according to the HEC-RAS model is 91 years. A comparison of the two methods shows that the MUSLE method produces a smaller sedimentation rate because it only uses the rainfall runoff factor parameter, while HEC-RAS uses the design flood discharge parameter in the river flow. The ratio of sedimentation rate comparison of the MUSLE method and HEC-RAS modeling was 1 : 1,24.

Keywords : Erosion; Sedimentation; *MUSLE*; *ArcGIS*; *HEC-RAS*.

1. PENDAHULUAN

Bendungan merupakan struktur yang dibangun untuk menahan dan mengendalikan suatu aliran air sungai. Guna memenuhi kebutuhan akan air tersebut, pembangunan suatu bendungan dapat menjadi sebuah solusi. Namun, seiring

berjalannya waktu fungsi bendungan sebagai penahan aliran air sungai juga akan berdampak pada adanya sedimen yang ikut tertahan dan mengendap. Sedimen berasal dari erosi yang terjadi dalam aliran sungai itu sendiri maupun dari lahan di sekitar DAS. Sedimentasi pada bendungan dapat

mengakibatkan penurunan kapasitas tampungan waduk, mengurangi efisiensi kinerja bendungan, serta berdampak pada usia guna bendungan.

Bendungan Bagong merupakan bendungan yang terletak pada aliran Sungai Bagong di Desa Sumurup dan Desa Sengon, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Bendungan Bagong dibangun dengan tujuan untuk meminimalisir banjir, menampung air pada musim penghujan, mengatasi kekeringan pada area persawahan, serta menyediakan kebutuhan air baku. Agar Bendungan Bagong dapat berfungsi dengan optimal, perlu adanya analisis terkait laju erosi dan sedimentasi yang terjadi. Laju erosi dan sedimentasi yang terjadi pada Bendungan Bagong dapat diperkirakan dengan menggunakan metode *MUSLE* maupun dengan permodelan melalui *HEC-RAS*. Metode *MUSLE* akan memprediksi sedimentasi yang terjadi pada DAS Bagong, kemudian dilakukan analisis laju erosi dengan pendekatan *SDR* (*Sediment Delivery Ratio*). Analisis dengan menggunakan *software HEC-RAS* juga dimaksudkan untuk mempermudah dalam penggambaran serta pembandingan hasil laju sedimentasi yang terjadi pada Bendungan Bagong.

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Niam, Mahmad Alfian et al (2022) dengan judul Studi Alternatif Analisa Sedimentasi Terhadap Umur Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek Berbasis *ArcGIS*. Metode yang dipakai dalam studi ini untuk menganalisa sedimentasi pada Bendungan Bagong yaitu menggunakan metode *USLE* dengan bantuan aplikasi *software ArcGIS*. Besar laju erosi yang masuk ke dalam Bendungan Bagong dengan menggunakan metode *USLE* adalah sebesar 676,73 ton/ha/tahun. Besar laju sedimentasi yang masuk ke dalam Bendungan Bagong dengan pendekatan *SDR* adalah sebesar 52753,87 m³/ha/tahun.

Penelitian ini melakukan pembaruan dengan menggunakannya metode *MUSLE* dan *software HEC-RAS* untuk melakukan analisis sekaligus permodelan sedimentasi pada aliran Sungai Bagong. Digunakannya metode *MUSLE* dan *software HEC-RAS* diharapkan mampu menghasilkan analisis yang lebih mendekati dengan kondisi di lapangan dan memberikan gambaran mengenai sedimentasi yang terjadi pada penampang sungai.

2. METODE

Analisis Hidrologi

Tujuan pokok analisis hidrologi adalah untuk menetapkan besaran debit banjir rancangan dengan periode ulang tertentu. Debit ini merupakan nilai prediksi aliran air

yang dihitung akan terjadi dengan probabilitas tertentu dalam jangka waktu tertentu. Analisis Hidrologi meliputi :

1. Uji konsistensi
2. Curah hujan daerah
3. Curah hujan rencana
4. Uji kesesuaian distribusi
5. Intensitas hujan
6. Debit banjir rancangan

Laju Sedimentasi *MUSLE*

MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) merupakan pengembangan dari persamaan *USLE*. *MUSLE* tidak menggunakan faktor energi hujan sebagai penyebab terjadinya erosi, melainkan menggunakan faktor limpasan permukaan [2].

$$Y = R \times K \times LS \times CP \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- Y = hasil sedimentasi
- R = limpasan permukaan (*run off*)
- K = faktor erodibilitas tanah
- LS = faktor panjang dan kemiringan lereng
- CP = faktor pengelolaan tanaman dan konservasi lahan

1. Limpasan permukaan (R)

Dalam menentukan faktor *run off* parameter perhitungan yang diperlukan terlebih dahulu

a. Aliran Puncak (Q_p)

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- Q_p = aliran puncak (m³/jam)
- C = koefisien limpasan
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = *catchment area* (km²)

b. Volume Aliran Permukaan (V_Q)

$$V_Q = D \times A \times C \times P \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- V_Q = volume aliran permukaan (m³)
- D = curah hujan maksimum (m)
- A = luas (m²)
- C = faktor penutupan vegetasi
- P = faktor pengolahan lahan

Maka besar nilai limpasan permukaan (*run off*) bisa didapatkan melalui persamaan berikut :

$$R = a \times (V_Q \times Q_p)^b \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- R = limpasan permukaan
- a = koefisien 11,80 (Williams, 1977)
- V_Q = volume aliran permukaan (m³)
- Q_p = aliran puncak (m³/s)

b = koefisien 0,56 (Williams, 1977)

2. Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah (K) menunjukkan kepekaan tanah terhadap pengelupasan dan transportasinya akibat dari air hujan.

Tabel 1 Nilai K untuk Berbagai Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Nilai K
1	Aluvial Kelabu	0,315
2	Aluvial Coklat Kekelabuan	0,193
3	Latosol Coklat Kemerahan	0,121
4	Andosol Coklat Kekuningan	0,223
5	Litosol	0,191
6	Kompleks Latosol Coklat Kemerahan dan Litosol	0,075

Sumber : Puslitbang Pengairan Bogor, 1985 dalam Rosidin et al., 2022

3. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

LS adalah rasio antara besarnya erosi dari sebidang tanah dengan panjang lereng dan kecuraman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah.

Tabel 2 Indeks Panjang dan Kemiringan Lereng

Kelas lereng	Kemiringan Lereng (%)	Nilai LS
I	0 – 8	0,4
II	8 – 15	1,4
III	15 – 25	3,1
IV	25 – 45	6,8
V	> 45	9,5

Sumber : Saputra & Abdurrosyid, 2022

4. Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Lahan (CP)

Faktor CP menunjukkan keseluruhan pengaruh dari vegetasi, keadaan permukaan tanah dan pengelolaan lahan terhadap besarnya tanah yang hilang.

Tabel 3 Nilai Faktor Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Lahan

No.	Macam Penggunaan Lahan	Nilai Faktor CP
1	Tanah terbuka	0,95
2	Belukar rawa	0,01
3	Rawa	0,01
4	Semak/belukar	0,3
5	Sawah	0,01
6	Pertanian lahan kering campur	0,19
7	Pertanian lahan kering	0,28

Sumber : BPDAS Wampu Sei Ular, 2013 dalam Manung Pratama et al., 2022

Laju Erosi Sediment Delivery Ratio (SDR)

SDR dapat diartikan sebagai perbandingan dari jumlah sedimen yang terbawa oleh aliran sungai terhadap jumlah tanah tererosi [5].

$$SDR = 0,42 \times A^{-0,125} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

SDR = Sediment Delivery Ratio

A = luas DAS (km²)

Kelas Tingkat Bahaya Erosi (TBE)

Evaluasi bahaya erosi atau disebut juga tingkat bahaya erosi ditentukan berdasarkan perbandingan antara besarnya erosi tanah aktual dengan erosi tanah yang dapat ditoleransikan [6].

Tabel 4 Klasifikasi Bahaya Erosi

Kelas Bahaya Erosi	Laju Erosi, Ea (ton/ha/tahun)	Keterangan
I	< 15	Sangat ringan
II	15 - 60	Ringan
III	60 - 180	Sedang
IV	180 - 480	Berat
V	> 480	Sangat berat

Sumber : Kironoto, 2003

Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Georafis (SIG) merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk membantu pengumpulan, pemeliharaan, penyimpanan, analisis, output, dan distribusi data dan informasi spasial. Salah satu *software* berbasis SIG yang cukup populer digunakan adalah *ArcGIS*. Kemampuan dari Sistem Informasi Georafis (SIG) dalam bidang pemetaan ini dapat dimanfaatkan untuk mencari dan menentukan nilai faktor persamaan *MUSLE* [8].

Permodelan Sedimentasi HEC-RAS

HEC-RAS (River Analysis System) adalah perangkat lunak yang memungkinkan untuk melakukan pemodelan transportasi sedimen. Modul angkutan sedimen dirancang untuk menyimulasikan trend jangka panjang gerusan dan deposisi yang diakibatkan oleh perubahan frekuensi dan durasi debit atau muka air, perubahan geometri sungai, serta mengkaji sedimentasi di suatu saluran [9].

Usia Guna Bendungan

Batas usia guna bendungan ditentukan oleh habisnya manfaat tampungan untuk bisa diatur penggunaannya bagi kepentingan pengairan atau pembangkit tenaga listrik. Hal ini terjadi karena akumulasi endapan di bagian terbawah waduk, yang dikenal sebagai tampungan mati terus meningkat dan pada akhirnya mencapai *intake* bendungan. Berdasarkan laju

sedimentasi yang masuk dan kapasitas tampungan mati bendungan, maka usia guna bendungan dapat dihitung dengan persamaan berikut [10] :

$$\text{Usia guna bendungan} = V / Y \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

V = kapasitas tampungan mati (m³)

Y = laju sedimentasi (m³/tahun)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hidrologi

Digunakan data hujan harian selama 20 tahun dari 2 stasiun hujan yang tersebar di area Bendungan Bagong. Data hujan harian yang digunakan adalah antara tahun 2004 – 2023. Adapun data hujan harian berasal dari Stasiun Bendungan dan Stasiun Prambon. Uji konsistensi dilakukan dengan metode *Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)*. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, Q_{hitung} dan $R_{hitung} < Q_{kritis}$ dan $R_{hitung} < R_{kritis}$ dengan derajat kepercayaan 1% dan 5% maka disimpulkan data hujan dari 2 stasiun adalah konsisten.

Perhitungan curah hujan daerah di DAS Bagong dilakukan dengan metode *Polygon Thiessen*, dikarenakan penyebaran stasiun hujan yang tidak merata pada area DAS. Penggambaran *Polygon Thiessen* dilakukan dengan *software ArcGIS*. Dari penggambaran *Polygon Thiessen* pada DAS Bagong, diketahui bahwa Stasiun Bendungan memiliki luas pengaruh 36,874 km² dan Stasiun Prambon 3,056 km².

Curah hujan rencana pada penelitian ini memenuhi untuk menggunakan 2 macam metode distribusi yaitu *Gumbel Tipe I* dan *Log Pearson Tipe III*. Kemudian dilakukan uji kesesuaian distribusi menggunakan metode *Smirnov-Kolmogorov* dan *Chi-square* pada kedua metode distribusi curah hujan rencana.

Berdasarkan hasil perhitungan hujan rencana, diperoleh hujan rencana dengan metode *Gumbel Tipe I* memiliki hasil yang lebih besar dibandingkan dengan *Log Pearson Tipe III*. Maka hasil perhitungan hujan rencana dengan metode *Gumbel Tipe I* akan digunakan untuk perhitungan intensitas hujan. Pada penelitian ini intensitas hujan dihitung menggunakan persamaan *Mononobe* dengan waktu konsentrasi hujan 6 jam.

Debit banjir yang terjadi di tiap kala ulang, dihitung menggunakan metode *HSS Nakayasu* dengan durasi 48 jam. Didapatkan hasil debit banjir maksimum adalah 26,677 m³/detik pada kala ulang 1,01 tahun, 101,673 m³/detik pada kala ulang 2 tahun, 150,804 m³/detik pada kala ulang 5 tahun, 184,396 m³/detik pada kala ulang 10 tahun, 217,236 m³/detik pada kala ulang 20 tahun, 227,762 m³/detik pada kala ulang

25 tahun, 260,479 m³/detik pada kala ulang 50 tahun dan 293,341 m³/detik pada kala ulang 100 tahun.

Laju Sedimentasi MUSLE

Untuk memperkirakan besaran laju sedimentasi yang terjadi pada Bendungan Bagong dapat dihitung dengan menggunakan metode *MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation)*.

1. Limpasan Permukaan (R)

Faktor limpasan permukaan dihitung berdasarkan aliran puncak (Q_p) dan volume aliran permukaan (V_Q). Dimana Q_p menggunakan debit banjir rancangan pada kala ulang 100 tahun. Kemudian didapatkan tinggi hujan rata-rata selama 20 tahun adalah 2346,050 mm/tahun, sehingga volume aliran permukaan (V_Q) dapat dihitung sebagai berikut :

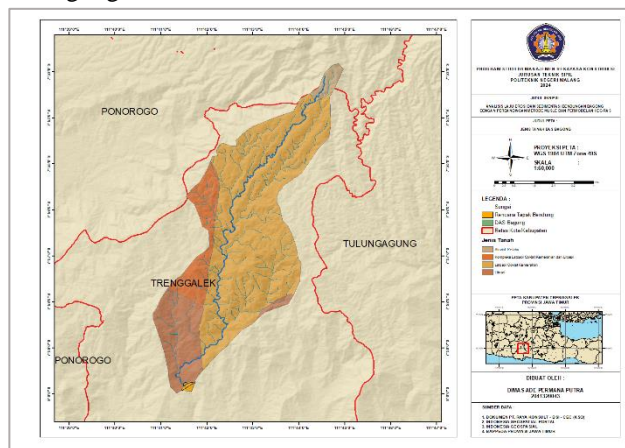
$$\begin{aligned} V_Q &= D \times A \times C \times P \\ &= 2,346 \times 39930000 \times 0,05 \\ &= 4683888,825 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Selanjutnya, faktor limpasan permukaan (R) ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R &= a \times (V_Q \times Q_p)^b \\ &= 11,8 \times (4683888,825 \times 293,341)^{0,56} \\ &= 1545791,162 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

2. Erodibilitas Tanah (K)

Faktor erodibilitas tanah ditentukan berdasarkan sebaran jenis tanah yang paling dominan pada DAS. Sebaran jenis tanah pada DAS ini dapat diketahui dengan meng-*overlay* data shp. jenis tanah Provinsi Jawa Timur pada DAS Bagong.



Gambar 1 Peta Sebaran Jenis Tanah DAS Bagong
Sumber : Hasil Pengolahan ArcGIS

Tabel 5 Sebaran Jenis Tanah DAS Bagong

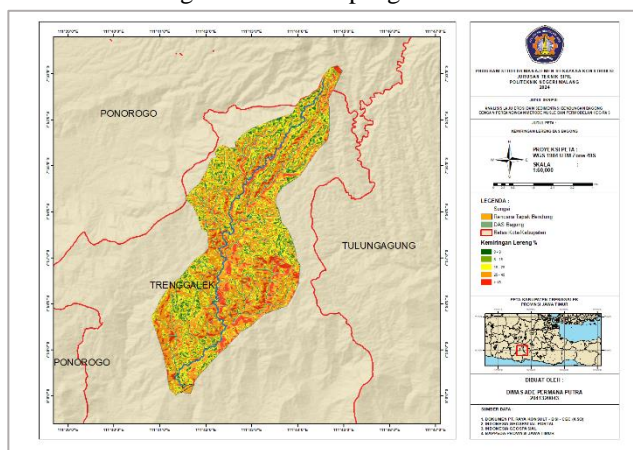
Macam Tanah	Nilai K	Luas KM ²
Latosol Coklat Kemerahan	0,121	28,898

Aluvial Kelabu	0,315	0,879
Kompleks Latosol Coklat Kemerahan dan Litosol	0,075	4,122
Litosol	0,191	6,024

Sumber : Hasil Pengolahan ArcGIS

3. Panjang dan Kemiringan Lereng (LS)

Faktor panjang dan kemiringan lereng kemudian ditentukan berdasarkan kemiringan lereng paling dominan pada DAS. Kemiringan lereng ini dapat diketahui dengan melakukan pengolahan data DEM.



Gambar 2 Peta Kemiringan Lereng DAS Bagong

Sumber : Hasil Pengolahan ArcGIS

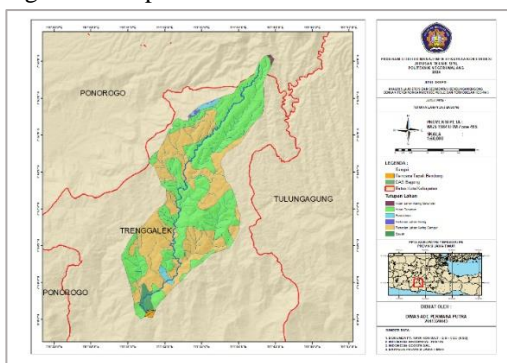
Tabel 6 Sebaran Kemiringan Lereng DAS Bagong

Kelas	Kemiringan %	Klasifikasi	Nilai LS	Luas KM ²
1	0 - 8	Datar	0,4	1,939
2	8 - 15	Landai	1,4	5,117
3	15 - 25	Agak Curam	3,1	11,258
4	25 - 45	Curam	6,8	17,604
5	> 45	Sangat Curam	9,5	3,749

Sumber : Hasil Pengolahan ArcGIS

4. Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Lahan (CP)

Faktor pengelolaan tanaman dan konservasi lahan ditentukan berdasarkan tutupan lahan yang ada pada DAS Bagong. Faktor pengelolaan tanaman dan konservasi lahan kemudian didapatkan berdasarkan tutupan lahan paling dominan pada DAS.



Gambar 3 Peta Tutupan Lahan DAS Bagong

Sumber : Hasil Pengolahan ArcGIS

Tabel 7 Sebaran Tutupan Lahan DAS Bagong

Legenda	Nilai CP	Luas KM ²
Hutan Lahan Kering Sekunder	0,01	0,074
Hutan Tanaman	0,05	21,665
Pemukiman	0,95	0,557
Pertanian Lahan Kering	0,28	0,091
Pertanian Lahan Kering Campur	0,19	16,869
Sawah	0,01	0,674

Sumber : Hasil Pengolahan ArcGIS

Setelah nilai dari parameter metode MUSLE didapat melalui perhitungan maupun pengolahan pada ArcGIS, maka prediksi laju sedimentasi pada DAS Bagong dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Y &= R \times K \times LS \times CP \\
 &= 1545791,162 \times 0,121 \times 6,8 \times 0,05 \\
 &= 63593,848 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya laju sedimentasi pada DAS Bagong per hektar adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Laju sedimentasi} &= Y / A \\
 &= 63593,848 / 3993 \\
 &= 15,926 \text{ ton/ha/tahun}
 \end{aligned}$$

Laju Erosi Sediment Delivery Ratio (SDR)

Laju erosi lahan pada DAS Bagong dapat diprediksi dengan menggunakan metode Sediment Delivery Ratio (SDR). Dimana perhitungan laju erosi lahan pada DAS Bagong dilakukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 E &= \text{Laju sedimentasi} / SDR \\
 &= 15,926 / (0,42 \times A^{-0,125}) \\
 &= 15,926 / (0,42 \times 39,93^{-0,125}) \\
 &= 15,926 / 0,265 \\
 &= 60,121 \text{ ton/ha/tahun}
 \end{aligned}$$

Dengan hasil laju erosi 60,121 ton/ha/tahun maka berdasarkan Tabel 4 erosi pada DAS Bagong termasuk dalam kelas III dengan tingkat erosi sedang.

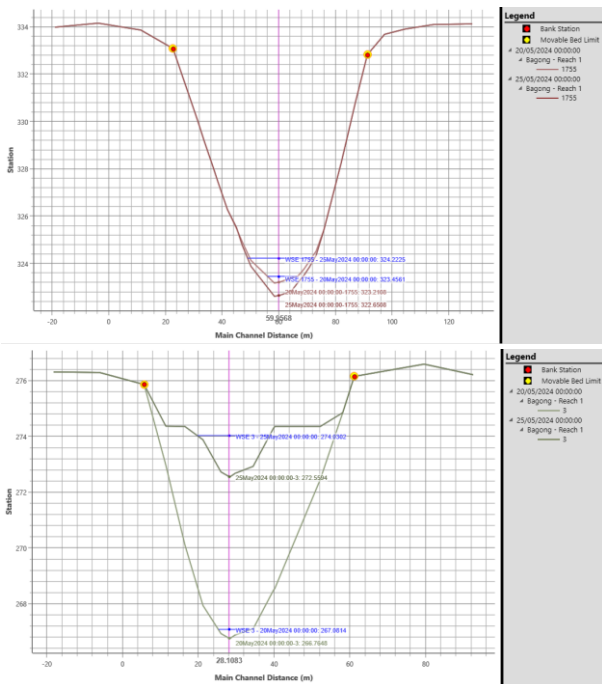
Permodelan Sedimentasi HEC-RAS

Permodelan dengan HEC-RAS dapat membantu memvisualkan aliran sungai yang mengalami erosi maupun sedimentasi, perubahan penampang sungai dan mengetahui volume erosi dan sedimen pada aliran sungai.

1. Permodelan Angkutan Sedimen 1 Dimensi

Permodelan 1 dimensi ditujukan untuk mengetahui laju sedimentasi pada aliran sungai dan melihat bentuk perubahan dasar sungai pada tiap cross sections.

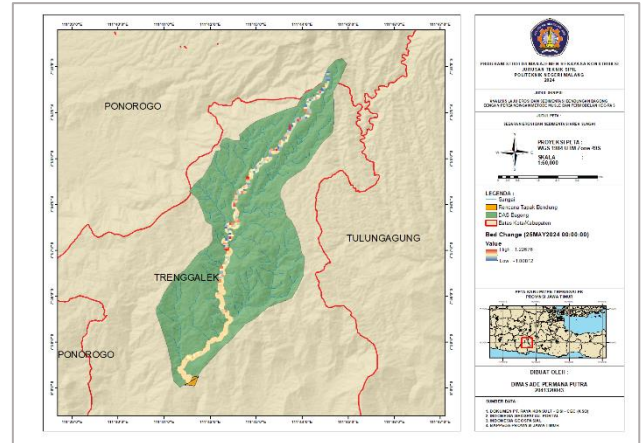
Permodelan dimulai dengan membuat *terrain* pada *RAS Mapper*, kemudian menggambarkan geometri sungai dan membuat *cross sections*. Selanjutnya memasukkan data aliran pada “*Quasy-Unsteady Flow*” dan data gradasi sedimen pada “*Sediment Data*”. Berikutnya melakukan *running* dengan waktu simulasi 20 Mei 2024 pukul 00.00 – 25 Mei pukul 00.00. Hasil dari simulasi laju angkutan sedimen dapat dilihat pada “*Sediment Output*” kemudian pilih “*Mass Capacity*”. Laju sedimentasi yang digunakan adalah laju sedimentasi pada jam puncak sedimen pada kala ulang 100 tahun. Sehingga didapatkan laju sedimentasi pada Bendungan Bagong adalah 78789,411 ton/tahun.



Gambar 4 Erosi dan Sedimentasi pada Penampang Sungai
 Sumber : Hasil Pengolahan ArcGIS

2. Permodelan Angkutan Sedimen 2 Dimensi

Permodelan 2 dimensi digunakan untuk mengetahui titik sebaran erosi dan sedimentasi pada aliran sungai. Permodelan dilakukan dengan membuat *2D Flow Area*, kemudian memasukkan data aliran pada “*Unsteady Flow*” untuk selanjutnya dilakukan simulasi. Jika simulasi berhasil, berikutnya membuat “*Sediment Bed Layer*” pada *RAS Mapper* dan dilanjutkan memasukkan data gradasi sedimen pada “*Sediment Data*”. Lakukan *running* ulang pada “*Unsteady Flow*” dengan menambahkan data sedimen. Hasil titik sebaran erosi dan sedimentasi pada *RAS Mapper* ditunjukkan melalui skala warna, dengan hasil sedimentasi maksimum 1,227 m dan erosi maksimum 1,008 m.



Gambar 5 Sebaran Erosi dan Sedimentasi pada Area Sungai
 Sumber : Hasil Pengolahan ArcGIS

Usia Guna Bendungan

Berdasarkan data teknis, Bendungan Bagong memiliki kapasitas tampungan mati sebesar 3309000 m³. Diketahui berat jenis sedimen pada aliran Sungai Bagong adalah 2,161 ton/m³, maka laju sedimentasi menurut metode *MUSLE* dan permodelan *HEC-RAS* dapat dikonversi menjadi volume sebagai berikut :

Volume sedimen *MUSLE* = laju sedimentasi / berat jenis
 = 63593,848 / 2,161
 = 29427,972 m³/tahun

Volume sedimen *HEC-RAS* = laju sedimentasi / berat jenis
 = 78789,411 / 2,161
 = 36459,700 m³/tahun

Selanjutnya usia guna bendungan dapat diketahui dengan membagi kapasitas tampungan mati dengan volume sedimen sebagai berikut :

Usia guna bendungan *MUSLE* = V / Y
 = 3309000 / 29427,972
 = 112,44 ≈ 113 tahun

Usia guna bendungan *HEC-RAS* = V / Y
 = 3309000 / 36459,700
 = 90,76 ≈ 91 tahun

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan pengolahan data hujan dan data shp. pada *ArcGIS* maka faktor perhitungan *MUSLE* didapatkan yaitu faktor limpasan permukaan (R) sebesar 1545791,162 m³/jam, faktor erodibilitas tanah (K) sebesar 0,121, faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) sebesar 6,8, dan faktor pengelolaan tanaman dan konservasi lahan (CP) sebesar 0,05. Sehingga besar laju

- sedimentasi dengan metode *MUSLE* pada DAS Bagong adalah sebesar 63593,848 ton/tahun.
2. Dari besaran laju sedimentasi yang terjadi pada DAS Bagong, maka perhitungan laju erosi dapat dilakukan dengan metode *Sediment Delivery Ratio (SDR)*. Sehingga didapatkan laju erosi lahan yang terjadi pada DAS Bagong adalah sebesar 60,121 ton/ha/tahun, termasuk dalam kelas III dengan tingkat erosi sedang.
 3. Berdasarkan permodelan angkutan sedimen 1 dimensi pada *HEC-RAS* dengan menggunakan debit kala ulang 100 tahun dan merata-rata laju sedimentasi pada jam puncak sedimen di tiap *cross section*, didapatkan laju sedimentasi pada Bendungan Bagong adalah sebesar 78789,411 ton/tahun.
 4. Berdasarkan perhitungan usia guna bendungan, didapatkan hasil bahwa usia guna Bendungan Bagong menurut laju sedimentasi metode *MUSLE* adalah 113 tahun, sedangkan menurut permodelan *HEC-RAS* adalah 91 tahun. Maka dapat disimpulkan bahwa laju sedimentasi pada Bendungan Bagong tidak berpengaruh signifikan terhadap usia guna bendungan.
 5. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada kedua metode, maka didapatkan perbandingan bahwa metode *MUSLE* menghasilkan laju sedimentasi yang lebih kecil karena hanya menggunakan parameter faktor limpasan hujan pada DAS. Sedangkan pada *HEC-RAS* lebih dipengaruhi oleh parameter debit banjir rancangan pada aliran sungai. Kemudian didapatkan rasio perbandingan laju sedimentasi dari metode *MUSLE* dan permodelan *HEC-RAS* adalah sebesar 1 : 1,24.
- [4] A. Manung Pratama, A. Seputra Sudianto, D. Hartanto, and B. Santosa, "Analisis Tingkat Bahaya Erosi Lahan Di Daerah Aliran Sungai (Das) Kupang Menggunakan Metode Modified Universal Soil Loss Equation (Musle)," *Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang* /, vol. 6, pp. 2620–5297, 2022.
 - [5] S. A. Firdaust, T. D. Kuryanto, and A. S. Manggala, "Analisis Erosi dan Sedimentasi Di DAS Sampean Hulu Menggunakan Metode USLE Berbasis Sistem Informasi Geografis (Arcgis) (Studi Kasus: DAS Sampean Hulu, Kabupaten Bondowoso)," *Jurnal Smart Teknologi*, vol. 4, no. 3, pp. 320–327, 2023.
 - [6] S. Arsyad, *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press, 2006.
 - [7] B. A. Kironoto, *Diktat Kuliah Hidraulika Transpor Sedimen*. Yogyakarta: PPS-Teknik Sipil, 2003.
 - [8] J. T. Santoso, *GIS Sistem Informasi Geografis*. Semarang: Yayasan Prima Agus Teknik, 2021.
 - [9] US Army Corps of Engineers, *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual Version 5.0*. Davis, California: Hydrologic Engineering Center, 2016.
 - [10] F. Arifandi and C. Ikhsan, "PENGARUH SEDIMEN TERHADAP UMUR LAYANAN PADA TAMPUNGAN MATI (DEAD STORAGE) WADUK KRISAK DI WONOGIRI DENGAN METODE USLE (UNIVERSAL SOIL LOSSES EQUATION)," *Matriks Teknik Sipil*, vol. 7, no. 4, pp. 430–439, Dec. 2019, doi: 10.20961/mateksi.v7i4.38482.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Niam, E. Noerhayati, and Warsito, "Studi Alternatif Analisa Sedimentasi Terhadap Umur Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek Berbasis ArcGis," *JURNAL REKAYASA SIPIL*, vol. 12, pp. 90–98, 2022.
- [2] K. D. A. Saputra and J. Abdurrosyid, "Perbandingan Antara Metode USLE dan MUSLE Dalam Analisis Erosi Lahan pada Daerah Tangkapan Air Waduk Cengklik," *Dinamika Teknik Sipil*, vol. 15, no. 1, pp. 54–61, 2022.
- [3] D. A. Rosidin, E. Suhartanto, and U. Andawayanti, "Pemetaan Sebaran Indeks Bahaya Erosi dan Arahan Penggunaan Lahan di Sub DAS Brantas Hulu Kota Batu Berbasis Sistem Informasi Geografis," *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 3, no. 1, pp. 198–212, 2022.