

Prediksi Distribusi Sedimentasi Terhadap Usia Guna Waduk Ameroro, Sulawesi Tenggara

Indradjati Rachmatullah¹, Dantje K. Natakusumah², Widyaningtias³, Arno Adi Kuntoro⁴, Eka Oktariyanto Nugroho⁵, Agung Permana⁶, Herdy Setiawan⁷, Dyah Widyaningrum⁸

^{1, 2, 3, 4, 5, 8}Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10, Bandung, 40132, Indonesia

^{1, 7, 8}PT. Hutama Karya, Divisi Sipil Umum, HK Tower Lt. 14, Jl Letjen MT Haryono Kav. 8, Cawang, East Jakarta City, Jakarta, 13340, Indonesia

⁶PPK Perencanaan Bendungan, BWS Sulawesi IV Kendari, 93117, Indonesia
nugrohoeka@itb.ac.id

Abstract

The Ameroro River experiences significant sedimentation rates from year to year, along with rapid land cover changes. Due to the considerable benefits of the Ameroro River for the sustainability of life in Konawe Regency, it was decided to construct the Ameroro Reservoir as a means to fulfill irrigation needs and provide raw water for the community. Given the high sedimentation in reservoirs in Indonesia, it rapidly accelerates the aging of the Reservoir. One of the issues is the inadequate representation of sediment distribution in the reservoir, reducing the effectiveness of sediment control and management in the Reservoir. Predictions using HEC-RAS 2D reveal the sediment distribution in the Ameroro reservoir at locations STA 13872 in the upstream river and STA 4446 at the inlet, which is 7.7 km from the main river length from the Reservoir's axis and 4.5 km from the inlet river length. Sedimentation rates, based on riverbed material modeling and land cover, show an influx of sediment into the reservoir at 1,192,015 m³/year, comprising 662,275 m³/year from the upstream river and 529,739 m³/year from the inlet river. Calculations using the sedimentation deposition composition method and Brune's trap efficiency method indicate that the original Reservoir's lifespan of 107 years will be reduced to 85 years, deviating by 22 years from the plan. This implies that the Reservoir will reach the end of its useful life sooner than anticipated.

Keywords: sedimentation, reservoir, distribution, HEC-RAS 2D

Abstrak

Sungai Ameroro memiliki laju sedimentasi yang cukup besar dari tahun ke tahun, serta perubahan tutupan lahan yang cukup cepat, besarnya manfaat dari Sungai Ameroro terhadap keberlangsungan kehidupan masyarakat Kabupaten Konawe maka diputuskan untuk pembangunan Bendungan Ameroro sebagai sarana pemenuhan irigasi dan air baku masyarakat. Dengan tingginya sedimentasi pada waduk di Indonesia akan meningkatkan berkurangnya dengan cepat usia guna waduk, salah satunya adalah tidak menggambarkan dengan baik sebaran sedimentasi pada tampungan waduk sehingga mengurangi efektifitas penanganan dan pengendalian sedimentasi pada waduk. Prediksi menggunakan HEC-RAS 2D memperlihatkan sebaran sedimentasi pada tampungan waduk Ameroro pada lokasi STA 13872 pada sungai hulu dan STA 4446 pada sungai inlet atau 7,7 km dari panjang sungai utama dari mercu bendungan dan 4,5 km dari panjang sungai inlet. Laju sedimentasi yang terjadi berdasarkan permodelan material dasar sungai dan tutupan lahan didapatkan laju sedimentasi yang masuk pada tampungan waduk sebesar 1.192.015 m³/tahun terdiri dari 662.275 m³/tahun untuk sungai hulu dan 529.739 m³/tahun pada sungai inlet. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode komposisi pengendapan sedimentasi dan trap efficiency metode Brune didapatkan usia guna waduk semula 107 tahun menjadi 85 tahun terdeviasi 22 tahun dari rencana atau dapat dikatakan bendungan akan lebih cepat berakhir masa gunanya.

Kata kunci: sedimentasi, waduk, distribusi, HEC-RAS 2D

Copyright (c) 2024 Indradjati Rachmatullah, Dantje K. Natakusumah, Widyaningtias, Arno Adi Kuntoro, Eka Oktariyanto Nugroho, Agung Permana, Herdy Setiawan, Dyah Widyaningrum

✉ Corresponding author: Eka Oktariyanto Nugroho

Email Address: nugrohoeka@itb.ac.id (Jl. Ganesha No. 10, Bandung, 40132, Indonesia)

Received 8 January 2024, Accepted 11 January 2024, Published 16 January 2024

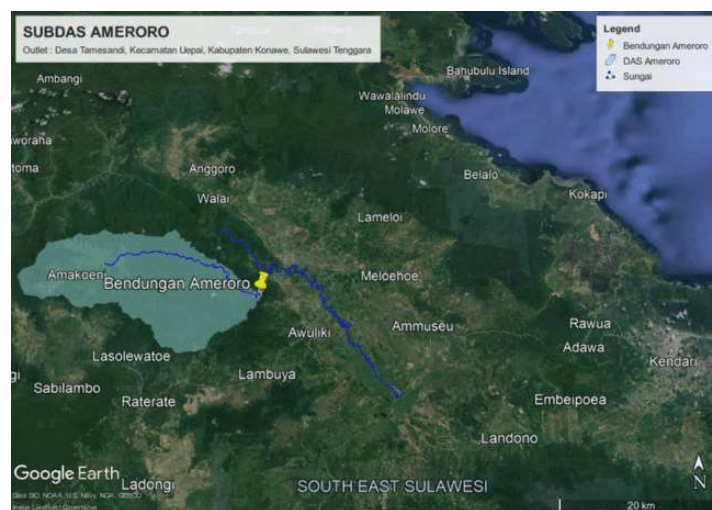
PENDAHULUAN

Banyaknya waduk di Indonesia akan sangat membantu memenuhi kebutuhan akan air baku baik untuk irigasi maupun pemenuhan air minum. Bendungan atau waduk di Indonesia terkhusus dari

Kementerian PUPR sendiri dari total 178 waduk sesuai kriteria Permen PUPR No. 27/PRT/M/2015 ada sekiranya 98 waduk kritis yang mengalami sedimentasi hal tersebut dipengaruhi banyak faktor seperti perubahan iklim, perubahan tutupan lahan dan lainnya sehingga peningkatan sedimentasi yang terjadi pada waduk akan mengurangi umur guna dari waduk tersebut.

Kabupaten Konawe, Sulawesi Selatan merupakan daerah yang persentase peningkatan penduduk sebesar 2,03% kurang lebih 4.700 jiwa setiap tahunnya berdasarkan data Badan Pusat Statistik Sulawesi Tenggara. Peningkatan penduduk yang berarti akan meningkatkan kebutuhan air bersih dan pangan di daerah Kabupaten Konawe, sehingga pengelolaan sumber daya air menjadi salah satu solusi yang harus dijalankan.

Kabupaten Konawe merupakan kawasan terbesar pencetak sawah dan penunjang hasil pertanian di Sulawesi Tenggara dimana lebih dari 30% sawah di Sulawesi Tenggara ada di Kabupaten Konawe. Manfaat yang dibangunnya Bendungan Ameroro selain sebagai suplai air untuk penduduk dan irigasi juga menjadi pengendali banjir Q50 atau setara 443,34 m³/s dengan luasan daerah aliran Sungai Ameroro sebesar 378,4 km².



Gambar 1. Peta Lokasi SUBDAS Ameroro dan Bendungan Ameroro

Sedimentasi pada sungai akan sangat berpengaruh terhadap kapasitas sungai dalam menampung debit air, semakin besar sedimentasi yang terjadi maka semakin berkurang kapasitas sungai dalam menampung debit yang salah satu akibatnya adalah banjir di sekitar lokasi sungai. Pembangunan Bendungan Ameroro pada sungai menjadi salah satu bentuk pengendalian sedimentasi pada hilir sungai dimana sedimentasi akan terendapkan pada bendungan dan kondisi hilir akan lebih mudah dikendalikan. Besar manfaat dari infrastruktur bendungan ini menjadi salah satu faktor untuk memastikan umur guna bendungan dapat sesuai dengan rencana dan bisa bertahan lebih lama. Maka dalam penelitian ini dilakukan kajian mengenai pengaruh sedimentasi pada bendungan terhadap umur guna bendungan dan perubahan morfologi sungai di hilir bendungan agar proses pemeliharaan dan operasi pada Bendungan Ameroro dapat lebih efektif dan maksimal.



Gambar 2. Sedimentasi pada Sungai Ameroro



Gambar 3. Perubahan Tata Guna Lahan pada Hulu SUBDAS Ameroro

Dengan perubahan tata guna lahan yang termasuk cepat pada daerah hulu DAS Ameroro akan meningkatkan laju sedimentasi sungai yang akan mempengaruhi usia guna waduk. Sehingga perlu penanganan yang baik dalam konservasi DAS dan pengendalian sedimentasi yang masuk kedalam area tampungan waduk.

METODE

Metode yang digunakan adalah dengan permodelan hidraulik dan hidrologi pada SUBDAS Ameroro pada area genangan bendungan hingga pertemuan Sungai Ameroro dengan Sungai Konaweha atau sungai induk. Luas SUBDAS 378,4 km² dengan panjang alur sungai utama 45.16 km. Studi yang dilakukan hanya menggunakan data yang tersedia dari pengukuran, dengan panjang sungai pada bagian hulu bendungan ± 12 km dan bagian hilir bendungan ± 8 km atau berkisar 44.28% dari panjang sungai utama. Permodelan bangunan melintang yang terdapat pada area model yaitu Bendungan Ameroro dan Bendung Ameroro dengan koordinat 03°54'37.75" S, 122°0'32.17" E dan 03°53'14.9"S, 122°29'44.3"E.



Gambar 4. Gambaran Lokasi Penelitian

Tabel 1. Ketersediaan Data pada Proses Penelitian

Uraian	Ketersediaan Data	Sumber
Data Topografi	Pengukuran topografi dengan luas area 74,76 km ²	Pengukuran Proyek Pembangunan Bendungan Ameroro (2022)
Data Potongan Melintang	96 Potongan melintang Sungai Ameroro 46 Potongan melintang Anak Sungai Ameroro	Pengukuran Proyek Pembangunan Bendungan Ameroro (2022)
Detail Bendungan	Detail gambar bendungan	Pelaksanaan Proyek Pembangunan Bendungan Ameroro (2022)
	Perhitungan perencanaan bendungan utama	Perencanaan Proyek Pembangunan Bendungan Ameroro (2019)
Detail Bangunan Pelimpah	Detail gambar bangunan pelimpah	Pelaksanaan Proyek Pembangunan Bendungan Ameroro (2022)
	Perhitungan perencanaan bangunan pelimpah	Perencanaan Proyek Pembangunan Bendungan Ameroro (2019)
Data Geologi	Geologi di kawasan tubuh bendungan dan bangunan pelimpah	Perencanaan Proyek Pembangunan Bendungan Ameroro (2019)
Data Hidrologi	Data curah hujan (Abuki, Tongauna, Ameroro, Mowewe, Lambuya), data pengamatan debit Bendung Ameroro, dan data iklim (Unaaha)	BHLK & AWLR Ameroro
Data Tutupan Lahan	Sebaran tutupan lahan Sulawesi Tenggara	KLHK 2022
<i>Digital Elevation Model</i>	Data topografi diluar topografi hasil pengukuran	DEM Nasional Indonesia
Data Gradasi Material Dasar	4 lokasi tersebar sepanjang sungai dengan 12 sampel uji (tebing kanan, tebing kiri, tengah sungai), Juli-Agustus 2023	Pengujian independen peneliti
Data Kosentrasi Sedimen	4 lokasi tersebar sepanjang sungai, 3 hari acak pengambilan, 24 sampel uji (sisi kanan, kiri, tengah sungai), Juli-Agustus 2023	Pengujian independen peneliti
Data Kecepatan Aliran	4 lokasi tersebar sepanjang sungai, 3 hari acak pengambilan,	Pengujian independen peneliti

Permodelan Debit Harian Metode Sacramento

Debit harian menjadi dasar permodelan dalam memprediksi proses sedimentasi pada sungai, permodelan debit harian perlu memperhatikan data hujan, iklim, dan kondisi fisik dari DAS. Keterbatasan data debit harian menjadi tantangan dalam permodelan debit harian untuk memprediksi perilaku sungai dan proses sedimentasi, sehingga muncul beberapa metode permodelan salah satunya adalah metode Sacramento dengan konsep rainfall-runoff atau curah hujan dan limpasan yang terjadi berdasarkan data hujan dan iklim.

Analisis dan Kalibrasi Nilai Koefisien Kekasaran Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \tag{1}$$

dimana:

- V : kecepatan aliran (m/s)
 n : nilai koefisien kekasaran Manning
 R : jari-jari hidraulik aliran (m)
 S : kemiringan rata-rata (%)

Perhitungan dan kalibrasi dilakukan dengan dua metode yaitu metode pengamatan secara langsung dari gradasi material dasar sungai berdasarkan nilai koefisien kekasaran Manning dan metode analisis hidraulik model numerik menggunakan steady flow trial and error.

Analisis Hidraulik dan Angkutan Sedimen

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{hC_{tk}}{\beta_{tk}} \right) + \nabla \cdot (hUC_{tk}) = \nabla \cdot (\varepsilon_{tk} h \nabla C_{tk}) + E_{tk}^{HF} - D_{tk}^{HF} + S_{tk} \quad (2)$$

dimana:

- C_{tk} : konsentrasi muatan sedimen total pada kelas butiran ke-k
 β_{tk} : faktor koreksi muatan sedimen total untuk kelas butiran ke-k
 U : kecepatan aliran pada arah j
 h : kedalaman aliran
 ε_{tk} : koefisien difusi (pencampuran) muatan sedimen total yang sesuai dengan kelas butiran ke-k
 E_{tk}^{HF} : laju erosi muatan sedimen total dalam aliran hidraulik
 D_{tk}^{HF} : laju deposisi muatan sedimen total dalam aliran hidraulik
 S_{tk} : suku fluks muatan sedimen total

Permodelan angkutan sedimen dengan metode 2D pada program HECRAS, menggunakan persamaan angkutan material dasar tetapi memisahkan angkutan sedimen dasar dan angkutan sedimen melayang dengan persamaan empiris (HEC, 2022).

$$Q_s = 0,0864 C Q_w \quad (3)$$

dimana:

- Q_s : laju sedimentasi (ton/hari)
 C : konsentrasi sedimen (mg/L)
 Q_w : debit aliran (m³/s)

Analisis Usia Guna Waduk

Menurut penelitian (Gogus., & Yalcinkaya., 1992), dari 16 waduk yang diteliti kehilangan tampungan total sebesar 0,2% sampai dengan 2,4% setiap tahunnya. Data dari Abdelhadi 1995 di Moroko waduk kehilangan tampungan sebesar 0,7% dan 2,3% di Tunisia setiap tahunnya. Morris dan Fan 1998 menyatakan bahwa variasi umur waduk sangat bergantung dari letak geografisnya hal ini mempengaruhi rasio kapasitas waduk dengan laju sedimen yang masuk.

(Soewarno., 2013) menjelaskan bahwa terdapat kepadatan sedimen yang terjadi dalam rentang waktu tertentu yang menjadi bahan pertimbangan terhadap pengukuran volume total sedimen yang mengendap:

$$W_o = W_c P_c + W_m P_m + W_s P_s \quad (4)$$

$$K = K_c P_c + K_m P_m + K_s P_s \quad (5)$$

$$W_T = W_o + 0,4343K \left(\frac{T}{T-1} \ln T - 1 \right) \quad (6)$$

$$V_T = \frac{\text{volume sedimen tertahan (m}^3\text{)}}{W_T T} \quad (7)$$

dimana:

V_T : volume sedimen yang mengendap setelah T tahun (m^3)

W_T : kepadatan rata-rata sedimen yang mengendap setelah T tahun waduk beroperasi (kg/m^3)

W_o : kepadatan awal sedimen (kg/m^3)

K : koefisien konsolidasi

T : waktu waduk beroperasi (tahun)

W_c, W_m, W_s : kepadatan awal lempung, lanau dan pasir

P_c, P_m, P_s : persentase lempung, lanau dan pasir

Menurut (Brune., 1953), untuk melihat keefektifan suatu waduk dalam menangkap atau mengendapkan sedimen dapat dilihat dengan menggunakan grafik kapasitas rasio atau perbandingan antara kapasitas dengan laju sedimen yang masuk kedalam waduk

$$\text{Trap Efficiency} = 100 \times 0,97^{0,19 \log \left(\frac{V}{I} \right)} \quad (7)$$

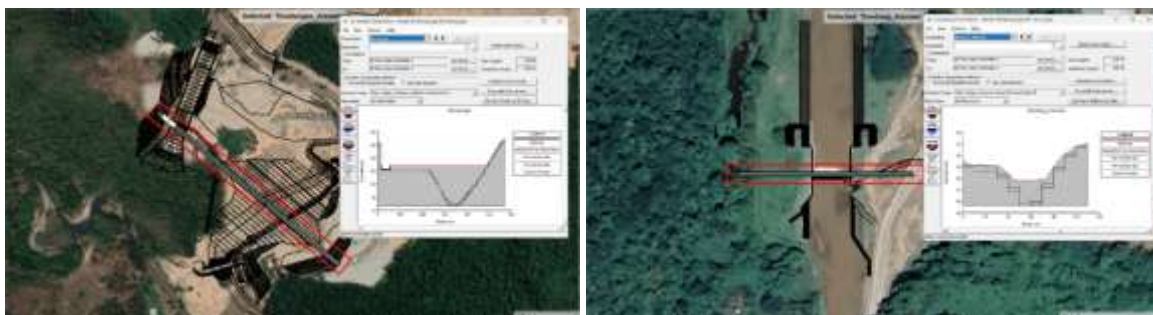
dimana:

V : kapasitas tampungan total waduk (m^3)

I : total debit masukan waduk dalam hitungan tahun (m^3)

Model HEC-RAS 2D

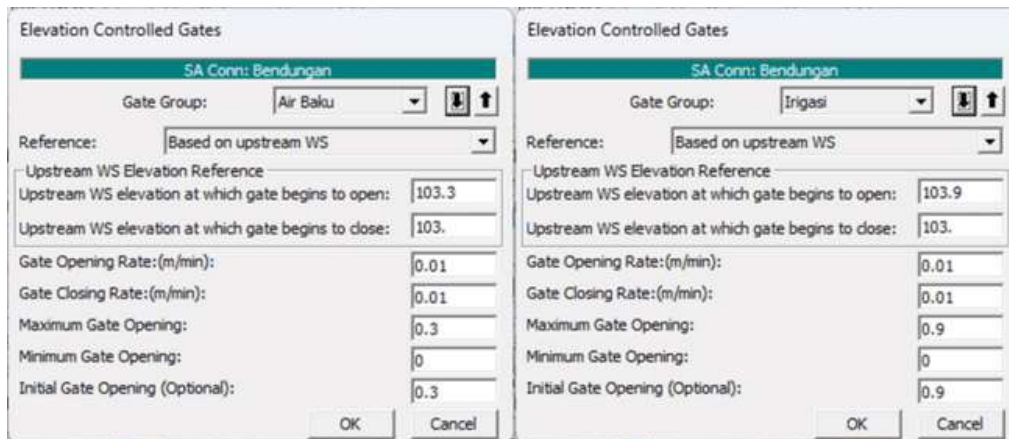
Menurut (Nelson, Gibson, & Sanchez, 2022), pada laporan pelaksanaan penelitian model HEC-RAS 2D pada Sungai Chippewa di USA menggambarkan bahwa program HEC-RAS 2D dapat memperlihatkan deposisi dan kosentrasi sedimen secara baik dan berkualitas. Permodelan Sungai Ameroro dengan 2 bangunan melintang sungai yaitu Bendungan dan Bendung Ameroro menggunakan metode Unsteady Flow 2D memerlukan gambar teknis dari bendungan dan bendung.



Gambar 5. Permodelan Bendungan dan Bendung Ameroro

Pola operasi Bendungan dan Bendung Ameroro menjadi batasa penelitian karena operasi bendungan masih belum berjalan dan masih dalam proses kajian, permodelan operasi bendungan menggambarkan pintu bendungan yang diasumsikan terbuka sepanjang waktu dengan elevasi diatas +103 m atau elevasi tampungan mati dan akan tertutup ketika elevasi dibawah +103 m. Berdasarkan gambar teknis

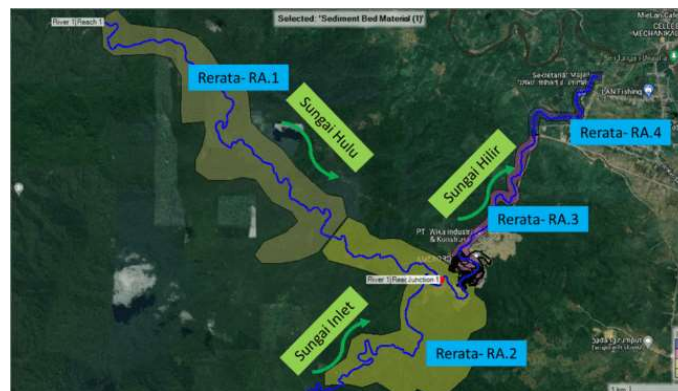
terdapat 3 pintu yang dimodelkan, pintu pelimpah, pintu irigasi dan pintu air baku, dimana model menyesuaikan dimensi pada pintu dan HEC-RAS akan mensimulasikan debit keluaran yang akan terjadi.



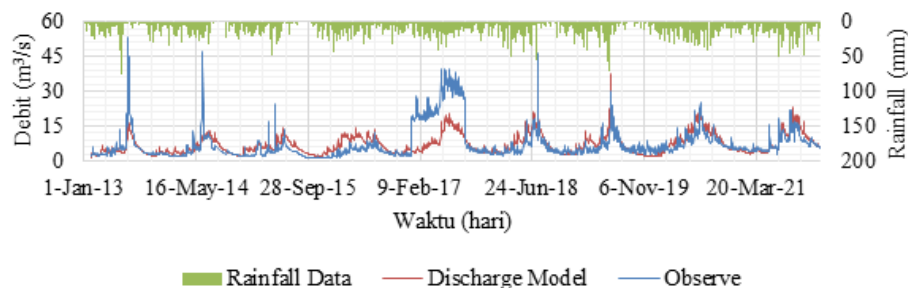
Gambar 6. Pola Buka Tutup Pintu pada Bendungan

HASIL DAN DISKUSI

Penelitian dilihat dari 3 segmen sungai, sungai hulu bendungan, anak sungai di hulu bendungan dan sungai di hilir bendungan. Sedimentasi pada bendungan dipengaruhi pada 2 sungai di hulu bendungan yang diakibatkan terbenyungnya sungai sehingga memunculkan area genangan seluas 2,74 km².



Gambar 7. Pembagian Segmen dan Pengambilan Data Penelitian pada Sungai Ameroro



Gambar 8. Permodelan Debit Sacramento

Berdasarkan data yang digunakan terdapat beberapa error data dimana rata-rata Oktober-Desember 2016 rata-rata debit 2,85 m³/s sedangkan Januari-Agustus 2017 memiliki rata-rata debit

25,67 m³/s, dan September-Desember 2017 kembali mengecil menjadi 4,46 m³/s. Kondisi ini terjadi akibat adanya kesalahan dan belum terkalibrasinya pada alat ukur dan pembacaan, terlihat dimana nilai korelasi dan NSE sebelum terjadi error sebesar 71,29% dan 0.6119 yang terbilang sangat baik. Dari pihak BWS mengkalibrasi sehingga terlihat nilai korelasi dan NSE menjadi 82,31% dan 0.4572 sehingga membuktikan bahwa kondisi 2016-2017 merupakan kesalahan pengambilan data observasi.

Tabel 2. Perhitungan Nilai Koefisien Kekasaran Manning dari Pengukuran Debit Sesaat

Lokasi	Luas	Keliling	Debit	R	S	n
RA. 1	10,71	17,16	8,94	0,62	0,0049	0,06
RA. 2	23,80	17,51	10,13	1,36	0,0049	0,20
RA. 3	14,92	20,26	9,05	0,74	0,0049	0,09
RA. 4	8,05	13,73	6,08	0,59	0,0049	0,06
Rata-rata						0,11

Dari hasil yang didapati nilai koefisien kekasaran Manning pada lokasi RA. 2 sangat berbeda jauh dengan 3 lokasi lainnya, sehingga tingkat akurasi data pada RA.2 termasuk buruk. Maka sebagai dasar penggunaan data primer diambil 3 lokasi yang memiliki tingkat kesesuaian satu dengan yang lain, sehingga nilai koefisien kekasaran Manning pada Sungai Ameroro berkisar 0,06 – 0,09 dengan rata-rata 0,07. Menurut pengamatan dari hasil gradasi dan penilaian dari tabel Chow 1959, didapati nilai 0,04 – 0,07 untuk sungai yang berada pada daerah pegunungan dan material dasar sungai terdiri dari batu koral dan kerikil yang cukup besar Dengan metode steady flow trial and error didapatkan nilai 0,065 – 0,08 sehingga permodelan dapat menggunakan nilai 0,07.

Tabel 3. Hasil Trial and Error Menggunakan Steady Flow HECRAS

Lokasi Tinjauan	TMA Pengukuran (m)	TMA Trial & Error (m)	Nilai Manning (n)
RA.1 (STA 10671)	0,82 – 0,85	0,79 – 0,87	0,065 – 0,08
RA.3 (STA 3275)	0,54 – 1,2	0,41 – 1,08	0,07 – 0,08



Gambar 9. Sampel Material Dasar Sungai

Validasi dan permodelan untuk angkutan sedimen diperhitungkan sebagai gambaran perubahan dasar sungai dari pengukuran tahun 2019 dan tahun 2022, beberapa metode digunakan untuk pendekatan hasil pengukuran tahun 2019 menuju tahun 2022. Dari beberapa metode didapatkan penggunaan fungsi Meyer-Peter-Muller dengan fall velocity metode Van Rijn dengan nilai error mean absolute error (MAE) 15,96%. Fungsi yang digunakan ini dibandingkan dengan beberapa metode

sebagai berikut:

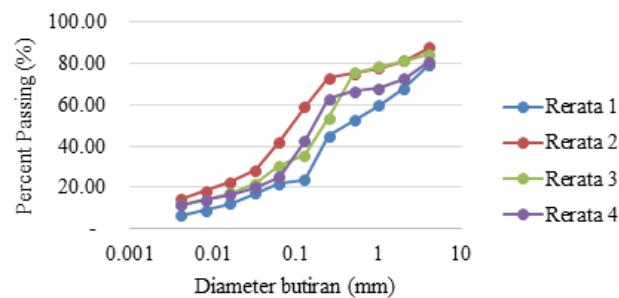
Tabel 4. Perbandingan Fungsi Angkutan Sedimen terhadap Validasi Pengukuran

Fungsi Angkut Sedimen	Metode Sorting dan Armoring	Metode Fall Velocity	Analisis Statistik				
			R2	NSE	RMSE	Korelasi	MAE
MPM	Thomas EX5	VanRijn	0,965	(0,028)	19,034	98,22%	16,30%
Yang	Thomas EX5	VanRijn	0,887	(1,525)	29,828	94,19%	28,93%
Toffaleti	Thomas EX5	VanRijn	0,979	(0,639)	24,032	98,94%	21,34%
MPM-Toffaleti	Thomas EX5	VanRijn	0,976	(0,734)	24,721	98,79%	21,60%
Toffaleti	Thomas EX5	Toffaleti	0,978	(0,785)	25,077	98,87%	22,50%
Toffaleti	Thomas EX5	Rubey	0,979	(0,653)	24,132	98,94%	21,46%
MPM	Thomas EX5	Rubey	0,964	(0,029)	19,042	98,19%	16,35%
MPM	Copeland EX7	VanRijn	0,970	0,017	18,615	98,51%	15,96%
MPM	Copeland EX7	Toffaletti	0,971	(0,003)	18,796	98,53%	16,21%
MPM	Thomas EX5	Toffaletti	0,962	(0,047)	19,209	98,06%	16,51%

Skenario yang digunakan pada permodelan menggunakan HECRAS 2D dalam proses penelitian memiliki boundary hulu debit sacramento selama 1 tahun, boundary hilir menggunakan kemiringan rata-rata, boundary sediment menggunakan equilibrium load dikarenakan kondisi sungai pada area pegunungan memiliki tingkat sedimen layang yang rendah atau air yang jernih, angkutan sedimen menggunakan gradasi material dasar dari 4 lokasi pengambilan material dan untuk inisial kondisi dimana bendungan beroperasi pada elevasi muka air rata-rata di area genangan setinggi +122,5 m.

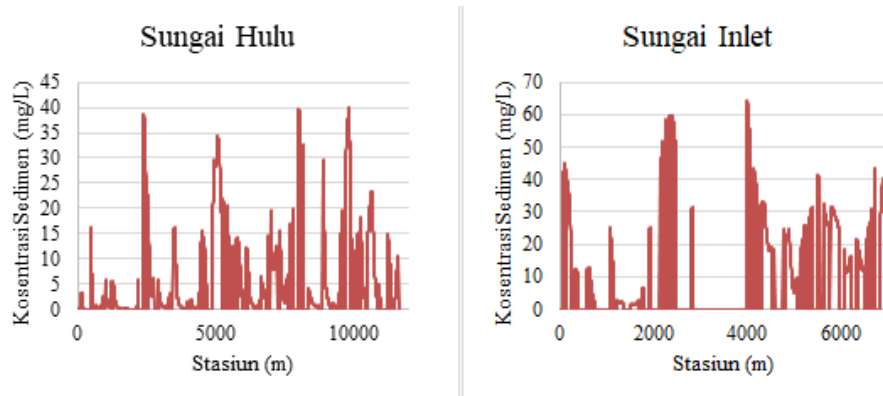


Gambar 10. Sebaran Sedimentasi Pada Tampang Efektif dan Tampang Mati



Gambar 11. Gradasi Material Dasar Sungai

Sebaran sedimentasi yang terjadi pada saat berndungan beroperasi dengan debit Sacramento rata-rata $4,68 \text{ m}^3/\text{s}$ dan elevasi genangan rata-rata di $+105 \text{ m}$ berhenti pada STA 13872 sungai hulu dan STA 4446 sungai inlet atau $7,7 \text{ km}$ panjang alur sungai utama dari mercu bendungan dan $4,5 \text{ km}$ panjang alur sungai inlet.



Gambar 12. Kosentrasi Sedimen Sungai Hulu dan Sungai Inlet

Perhitungan laju sedimentasi berdasarkan Persamaan 3 didapatkan untuk sungai hulu $662.275 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan sungai inlet $529.739 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Gambar 12 memperlihatkan kondisi kosentrasi sedimen pada saat bendungan belum beroperasi dimana hal ini menggambarkan kondisi laju sedimentasi yang akan masuk kedalam tampungan waduk. Sehingga total laju sedimentasi yang masuk kedalam tampungan waduk sebesar $1.192.015 \text{ m}^3/\text{tahun}$, dengan debit masukan $131.155.397 \text{ m}^3$ dan tampungan total waduk rencana sebesar $88.272.229 \text{ m}^3$. Berdasarkan Persamaan 7 didapatkan nilai trap efficiency waduk $96,03\%$, menurut (Soekarno., 2019) komposisi sedimentasi yang terjadi pada waduk dengan kriteria selalu tergenang untuk Clay, Mud dan Sand 26% , 27% dan 47% .

Dengan memperhitungkan sebaran sedimentasi yang terjadi, laju sedimen yang masuk pada tampungan mati sebesar $42,47\%$ dari total sedimentasi pada sungai hulu dan sungai inlet. Dengan perhitungan pada Tabel 5, usia guna waduk yang semula 107 tahun mejadi 85 tahun atau terdeviasi 22 tahun dari usia guna rencana.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan dapat dilihat sebaran sedimentasi menggunakan metode permodelan numerik HECRAS 2D terjadi pada tampungan waduk untuk segmen sungai hulu sedimentasi berhenti pada STA 13872 atau $7,7 \text{ km}$ dari panjang sungai utama dari mercu bendungan dan pada segmen sungai inlet sedimentasi berhenti pada STA 4446 atau $4,5 \text{ km}$ dari panjang sungai inlet. Laju sedimentasi berdasarkan permodelan sedimen dasar sungai didapati sebesar $662.275 \text{ m}^3/\text{tahun}$ untuk sungai hulu dan $529.739 \text{ m}^3/\text{tahun}$ pada sungai inlet dengan total $1.192.015 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Dengan menggunakan metode komposisi pengendapan dan trap efficiency sebesar $96,03\%$ didapati umur guna waduk semula 107 tahun diprediksi akan berakhir pada tahun ke 85 tahun terdeviasi 22 tahun . Sebaran sedimentasi dapat menjadi pertimbangan dalam pemeliharaan dan operasional

bendungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak telah membantu pelaksanaan penelitian ini antara lain kepada Balai Wilayah Sungai Sulawesi IV Kendari, Pusat Pengembangan Kompetensi SDA, Permukiman Kementerian PUPR, PT. Utama Karya, Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air (MPSDA), Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung dan semua pihak yang telah memberikan saran dan masukan selama penyusunan penelitian ini.

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI-7745:2012 Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan dengan Metode Penman-Monteith*. Jakarta: BSN.
- Abi, F. (2020). *Distribusi Sedimentasi di Waduk Cirata dan Penanganannya Dalam Upaya Mempertahankan Usia Guna Waduk*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI-7746:2012 Tata Cara Perhitungan Hujan Maksimum Boleh Jadi dengan Metode Hersfield*. Jakarta: BSN.
- Departemen PU Dir. Jend. Pengairan. (1995). *Bendungan Besar Indonesia*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Engineers, U. A. (2016). *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual, Version 5.0*. U.S Army Corps of Engineers.
- Ginting, S. (2014). *Rainfall-Runoff Module : Sacramento Method*. Jakarta: Pusair, Kementerian PUPR.
- Jullien, P. Y. (2010). *Erosion and Sedimentation*. Cambridge University Press.
- Jullien, P. Y. (2010). *River Mechanics*. Cambridge University Press.
- Legono, D., Rahardjo, A. P., Krisnayanti, D., & Hambali, R. (2019). IMPROVEMENT ON NUMERICAL SOLUTION OF 1-D FLOW WITH HYPER-CONCENTRATED SEDIMENT. *GEOMATE Journal*, 17(64), 41-48.
- Legowo, S., Hadihardaja, I. K., & Rabuanawati, S. (2010). Pengoperasian dan Umur Guna Waduk (Studi Kasus: Waduk Cimeta Padalarang). *None*, 13(4), 183-200.
- Morris, G. L., & Fan, J. (2010). *Reservoir Sedimentation Handbook*. United State of America: McGraw-Hill.
- Natakusumah D. K., H. D. (2011). Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(3)
- Natakusumah, D. K. (2009, August). Prosedur Umum Penentuan Hidrograf Satuan Sintetis Untuk Perhitungan Hidrograph Banjir Rencana. In Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air, Peran Masyarakat, Pemerintah dan Swasta sebagai Jejaring, dalam Mitigasi Bahaya Banjir, Bandung (Vol. 11).
- Natakusumah, D. K. (2014). Cara Menghitung Debit Banjir dengan Metoda Hidrograf Satuan Sintetis.

Bahan Kuliah Hidrologi, Institut Teknologi Bandung.

- Nelson, A., Gibson, S. A., & Sanchez, A. (2022). Development of a two-dimensional HEC-RAS sediment model for the Chippewa River, Wisconsin, for software development and sediment trend analysis.
- Rachmatullah, I., Natakusumah, D. K., Widyaningtias, W., Nugroho, E. O., Widyaningrum, D., & Rustan, W. (2023, October). The Effect of Ameroro Reservoir on River Morphology Stability Using Regime Theory. In ITB Graduate School Conference (Vol. 3, No. 1, pp. 642-654).
- Van Rijn, L. C. (2007). Principles of sediment transport in rivers, estuaries, and coastal seas (update 2006).
- Siwu, W. P., Sangkawati, S., & Sriyana, I. (2021). Kajian Distribusi Sedimentasi Terhadap Umur Rencana Waduk Ciawi Di Kabupaten Bogor. Rang Teknik Journal, 4(2), 211-219.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, R & D*. Bandung: CV. ALFABETA.
- Tatipata, W. H., Soekarno, I., Sabar, A., & Legowo, S. (2015). Analisis Volume Sedimen yang Mengendap Setelah T-Tahun Waduk Beroperasi (Studi Kasus: Waduk Cirata). Jurnal Teknik Sipil ITB, 22(3), 235-242.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Yang, C. T. (1996). *Sediment Transport, Theory and Practice*. United States: McGraw-Hill.