

## **ANALISIS METODE SLUICING UNTUK PENGENDALIAN SEDIMENTASI DI BENDUNGAN SUTAMI BERDASARKAN SIMULASI HASIL HEC-RAS**

**Andi Prasetyo<sup>\*</sup>, Mega Septia Sarda Dewi, Muhammad Abdul Rahman, Vita Ayu Kusuma Dewi**

Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan/Teknik Sipil, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

*\* E-mail Corresponding: andi.prasetyo.2105236@students.um.ac.id*

**Abstrak:** Sedimentasi merupakan permasalahan utama yang memengaruhi kinerja dan umur layanan Bendungan Sutami, khususnya akibat tingginya suplai sedimen dari Sungai Brantas. Salah satu metode pengendalian sedimentasi yang diterapkan adalah *sluicing*, namun efektivitasnya sangat bergantung pada kondisi hidraulik dan strategi operasional yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon hidraulik dan sedimentasi akibat penerapan metode *sluicing* melalui pemodelan numerik menggunakan HEC-RAS dengan pendekatan aliran tak tunak selama 24 jam. Analisis difokuskan pada perubahan dasar sungai, distribusi spasial sedimentasi, serta perbandingan respon antara penampang kritis di sekitar bendungan (RS 5) dan penampang hilir yang lebih jauh (RS 10). Hasil simulasi menunjukkan bahwa operasi *sluicing* dengan pembukaan pintu selama 24 jam menghasilkan peningkatan tegangan geser dasar yang signifikan di RS 5, sehingga mampu memobilisasi sedimen dan memicu proses erosi dasar sungai secara dominan di sekitar bendungan. Sebaliknya, pada RS 10 nilai tegangan geser yang terbentuk relatif lebih rendah, menyebabkan sebagian sedimen yang termobilisasi dari hulu mengalami deposisi kembali di ruas hilir. Pola perubahan *mass bed change cumulative* mengindikasikan bahwa sedimen tidak seluruhnya keluar dari sistem, melainkan mengalami redistribusi spasial dari zona energi tinggi ke zona energi rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas *sluicing* bersifat temporal dan spasial. Operasi *sluicing* yang dilakukan secara kontinu selama 24 jam tidak selalu menghasilkan peningkatan efisiensi pengangkutan sedimen secara proporsional, karena hanya sebagian periode operasi yang berada pada kondisi hidraulik efektif. Oleh karena itu, metode *sluicing* terbukti efektif sebagai upaya pengendalian sedimentasi di sekitar bendungan, namun perlu dioptimalkan melalui pengaturan waktu dan debit operasi berbasis respon hidraulik. Pendekatan ini penting agar *sluicing* tidak hanya memindahkan sedimen ke lokasi lain, tetapi benar-benar berkontribusi pada pengelolaan sedimentasi Bendungan Sutami secara berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Bendungan Sutami; sedimentasi; metode *sluicing*; HEC-RAS; pemodelan sedimen.

**Abstract:** Sedimentation is a major problem that affects the performance and service life of the Sutami Dam, particularly due to the high sediment supply from the Brantas River. One of the sedimentation control methods applied is *sluicing*, but its effectiveness is highly dependent on the hydraulic conditions and operational strategies used. This study aims to analyze the hydraulic and sedimentation responses resulting from the application of the *sluicing* method through numerical modeling using HEC-RAS with a 24-hour unsteady flow approach. The analysis focuses on changes in the riverbed, spatial distribution of sedimentation, and a comparison of responses between the critical cross-section around the dam (RS 5) and the downstream cross-section further away (RS 10). The simulation results show that *sluicing* operations with gate opening for 24 hours result in a significant increase in bed shear stress at RS 5, thereby mobilizing sediment and triggering a dominant riverbed erosion process around the dam. Conversely, at RS 10, the shear stress value formed is relatively lower, causing some of the sediment mobilized from upstream to be redeposited in the downstream section. The pattern of cumulative mass bed change indicates that sediment does not entirely exit the system but undergoes spatial redistribution from high-energy zones to low-energy zones. These findings show that the effectiveness of *sluicing* is temporal and spatial. Continuous *sluicing* operations for 24 hours do not always result in a proportional increase in sediment transport efficiency, as only part of the operation period occurs under effective hydraulic conditions. Therefore, the *sluicing* method has proven to be effective as a sediment control measure around the dam, but it needs to be optimized through timing and discharge adjustments based on hydraulic response. This approach is important so that *sluicing* does not merely move sediment to another location, but actually contributes to the sustainable management of sedimentation at the Sutami Dam.

**Keywords:** Sutami Dam; sedimentation; *sluicing* method; HEC-RAS; sediment modeling.

## PENDAHULUAN

Bendungan adalah salah satu infrastruktur penting yang dirancang untuk menampung dan mengelola aliran sungai. Bendungan memiliki banyak manfaat yang bisa dirasakan, air dapat disimpan dan digunakan untuk berbagai kebutuhan, seperti menyediakan air bersih, mengairi lahan pertanian, menghasilkan listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), serta mencegah terjadinya banjir (Melinda & Sari, 2025). Indonesia memiliki kondisi geografis yang sangat mendukung pembangunan bendungan. Ketersediaan sumber daya air yang mencapai 15.000 m<sup>3</sup> per kapita per tahun, kebutuhan air untuk sektor ekonomi, sosial, dan energi yang hanya sekitar 8.000 m<sup>3</sup> per kapita per tahun dapat terpenuhi dengan baik (Sitepu et al., 2022). Disisi lain masalah sedimentasi terbukti dapat menurunkan kinerja waduk secara signifikan. Salah satu contohnya adalah Waduk Cacaban di Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Sedimentasi yang terjadi bahkan menyebabkan kapasitas tampung waduk menyusut dari 90 juta m<sup>3</sup> menjadi hanya tersisa 55 juta m<sup>3</sup> (Sukmono et al., 2023).

Bendungan Sutami adalah satu dari infrastruktur *vital* yang letaknya di Desa Karangates, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang. Bendungan ini dibangun di aliran Sungai Brantas yang berasal dari mata air Gunung Arjuno. Pembangunannya dimulai oleh pemerintah pada periode 1975–1977 dan diresmikan oleh Presiden ke-2 Indonesia, Soeharto pada tahun 1977 sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Selain berfungsi sebagai PLTA, bendungan ini juga telah berkembang menjadi destinasi wisata di Malang (Sugiharto, 2020). Seiring berjalannya waktu, bendungan ini menghadapi permasalahan sedimentasi. Sedimentasi terjadi akibat akumulasi material sedimen yang terbawa oleh aliran sungai dan mengendap di dasar waduk. Hal ini mengurangi kapasitas tampung waduk, mengganggu operasional bendungan, dan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan serta masyarakat sekitar (Mahmud et al., 2020). Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta 1 pada tahun 2019, didapatkan nilai laju sedimentasi per tahun Bendungan Sutami sebesar 1,44 juta m<sup>3</sup>/tahun (PJT1, 2020). Data pengukuran yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I dari tahun 2007 hingga pada tahun 2011 mengalami penurunan kapasitas tampung waduk sebesar 9,82% (PUPR, 2021).

Sedimentasi menjadi tantangan besar bagi pengelola Bendungan Sutami karena tingginya laju sedimentasi yang disebabkan oleh faktor alam seperti erosi di daerah tangkapan air (*catchment area*) serta aktivitas manusia seperti penggundulan hutan dan alih fungsi lahan (Vinaya Bhasia et al., 2024). Jika tidak dikelola dengan baik, sedimentasi dapat menyumbat saluran pembuangan, mengurangi kemampuan bendungan dalam mengatur aliran air, dan berpotensi memicu banjir di daerah hilir (Dwipayana, 2020). Upaya yang dilakukan dari pihak pengelola Bendungan Sutami dalam menangani masalah sedimentasi yaitu dengan melakukan pengerukan sedimen waduk dengan volume 0,8 juta m<sup>3</sup>/tahun dan selanjutnya 6,68 juta m<sup>3</sup>/tahun dalam rencana tahun pelaksanaan 2020-2035, serta melakukan pembangunan beberapa check dam di WS Brantas (PUPR, 2021).

Salah satu metode inovasi yang dinilai efektif untuk mengatasi masalah sedimentasi adalah metode *sluicing*, dimana angka efisiensi sedimentasi cara *sluicing* lebih besar 20,83 – 29,43% dibandingkan dengan cara *flushing* dalam waktu satu jam pada pengujian laboratorium (Atmodjo & Sangkawati, 2013). *Sluicing* adalah teknik pengelolaan sedimen dengan cara melepas sedimen yang terkumpul di waduk melalui pintu pengeluaran bawah (*bottom outlet*) saat terjadinya kondisi banjir secara terkendali. Metode ini dianggap efisien karena dapat mengurangi volume sedimen tanpa memerlukan pengerukan (*dredging*) yang mahal dan berisiko terhadap lingkungan (Atmodjo & Sangkawati, 2013).

Namun, implementasi metode *sluicing* pada Bendungan Sutami memerlukan analisis mendalam terkait efektivitas, dampak lingkungan, dan teknis operasionalnya. Oleh karena itu diperlukan penelitian secara mendalam yang mengkaji pengelolaan sedimentasi bendungan dengan penerapan metode *sluicing*. Meskipun demikian, penelitian yang ada belum mengkaji secara komprehensif terkait pensimulasian pengendalian sedimentasi dengan metode *sluicing* menggunakan perangkat lunak Hec-Ras.

## METODE

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi sedimentasi yang terjadi di Bendungan Sutami, dan tingkat efektivitas metode *sluicing* dalam pengelolaan sedimentasi Bendungan Sutami. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi. Simulasi dalam penelitian ini berfungsi sebagai alat untuk memprediksi fenomena, dan menganalisis hubungan antarvariabel melalui proses pemodelan. Tempat penelitian dilaksanakan di Bendungan Sutami yang berlokasi di Desa Karangates, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Dengan data penelitian yakni data hidrologi yang berupa data curah hujan maksimum rata-rata Stasiun Geofisika Malang dan Stasiun Klimatologi Jatim dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, data penggunaan lahan, dan data DAS Sutami. Serta data hidrolika berupa data sedimentasi bendungan

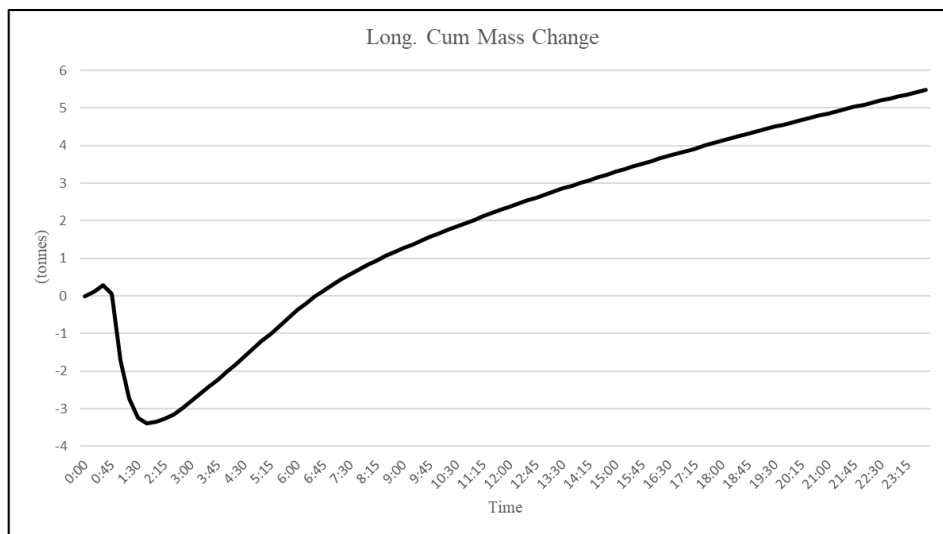
yang mencakup ukuran gradasi sedimen Bendungan Sutami, data geometri bendungan yang mencakup penampang memanjang maupun melintang struktur bendungan seperti badan bendung, saluran *intake*, dan *spillway*. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan perhitungan debit banjir Bendungan Sutami yang menjadi dasar simulasi sluicing dalam HEC-RAS. Fokusnya pada karakteristik hidrologi wilayah tangkapan air (*catchment area*) bendungan. Sedangkan analisis hidrolika menggunakan Hec-Ras untuk mensimulasikan aliran dan transport sedimen menggunakan metode *sluicing* dengan debit banjir terhitung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Kondisi Hidraulik dan Sedimentasi Awal

Kondisi awal simulasi menggambarkan keadaan hidraulik dan sedimentasi sistem Sungai Brantas sebelum penerapan operasi *sluicing*. Pada tahap ini, model menunjukkan distribusi sedimen awal yang relatif stabil di sepanjang ruas sungai, dengan variasi elevasi dasar dan massa sedimen yang dipengaruhi oleh karakteristik geometri sungai serta kondisi aliran awal. Debit aliran yang diterapkan merupakan debit rencana hasil analisis hidrologi menghasilkan pola aliran yang belum memicu perubahan dasar sungai secara signifikan. Meskipun debit relatif besar, kapasitas angkut sedimen pada kondisi awal belum cukup untuk menyebabkan perubahan berarti, terutama pada penampang yang tidak terpengaruh langsung oleh struktur bendungan. Oleh karena itu, kondisi ini dijadikan acuan perbandingan terhadap hasil simulasi pada tahap selanjutnya.

Distribusi sedimen awal menunjukkan bahwa area di sekitar bendungan (RS 5) telah mengalami akumulasi sedimen yang lebih dominan dibandingkan ruas yang lebih jauh. Pada lokasi ini, interaksi antara debit aliran dan geometri bangunan air menyebabkan penurunan kecepatan aliran secara lokal, sehingga meningkatkan potensi deposisi sedimen. Sementara itu, pada penampang di hulu yang relatif jauh dari bendungan, kondisi dasar sungai cenderung menunjukkan perubahan yang lebih kecil. Dengan demikian, kondisi awal ini menjadi dasar fundamental untuk mengevaluasi perubahan morfologi sungai akibat pengoperasian sluicing pada tahap simulasi berikutnya.



Gambar 1. Grafik Long. Cum Mass Change RS 5 sebelum Sluicing

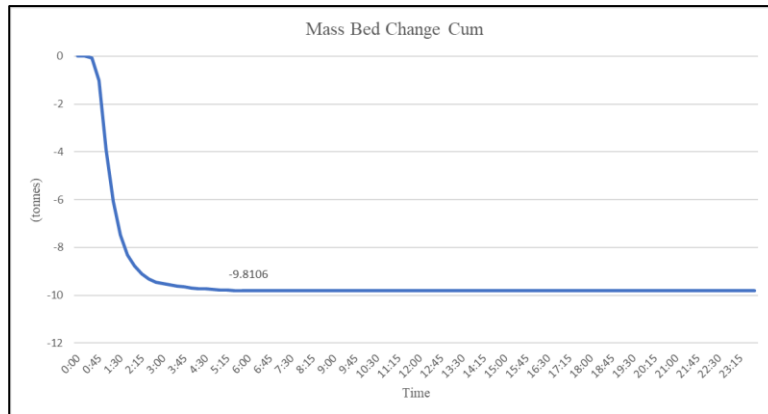
Akumulasi sedimen yang teridentifikasi pada RS 5 (Gambar 1.) sebelum penerapan *sluicing* menegaskan bahwa zona ini secara alami telah berfungsi sebagai perangkap sedimen meskipun tanpa intervensi operasional. Hal ini semakin memperkuat posisi RS 5 sebagai penampang kritis dalam evaluasi kinerja sluicing nantinya. Dari sisi karakteristik material dasar, gradasi sedimen yang digunakan dalam model didominasi oleh fraksi butiran tertentu yang secara langsung mempengaruhi ambang kritis pergerakan sedimen (*critical shear stress*). Pada kondisi awal, kombinasi antara debit aliran yang ada dan ukuran butiran sedimen tersebut menghasilkan kondisi transport sedimen yang masih terbatas. Dengan kata lain, sedimen yang telah terakumulasi khususnya di sekitar RS 5 belum mengalami mobilisasi signifikan karena energi aliran belum cukup untuk mengatasi stabilitas butiran sedimen pada dasar sungai.

Dengan mempertimbangkan ketiga aspek utama debit aliran, gradasi sedimen, dan posisi strategis RS 5 kondisi awal simulasi dapat dinyatakan sebagai kondisi referensi yang stabil dan representatif. Kondisi ini memungkinkan analisis perubahan morfologi dasar sungai pada tahap selanjutnya untuk benar-benar dikaitkan dengan pengoperasian sluicing, bukan akibat fluktuasi awal debit atau ketidaksesuaian parameter sedimen. Oleh

karena itu, setiap perubahan massa sedimen, elevasi dasar, maupun pola erosi-deposisi setelah penerapan sluicing dapat dievaluasi secara lebih objektif dan terukur, dengan RS 5 sebagai fokus utama analisis.

## 2. Tingkat Efektivitas Metode Sluicing Dalam Pengelolaan Sedimentasi Bendungan Sutami

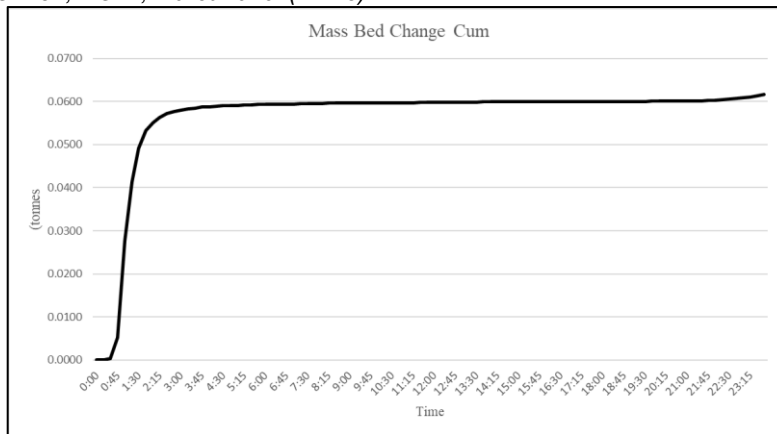
Berdasarkan hasil simulasi selama 24 jam operasi *sluicing*, kondisi sedimen di Bendungan Sutami mengalami perubahan yang terus berkembang seiring waktu. Pada awal operasi (Gambar 2), aliran air yang meningkat dengan cepat mampu mengangkut sedimen yang mudah tererosi, terutama di daerah yang sebelumnya memiliki aliran lambat dan endapan sedimen lepas. Seiring berjalannya waktu, perubahan pada dasar sungai mulai melambat. Artinya, sedimen yang tersisa cenderung lebih stabil dan tidak mudah tergerus. Proses ini menunjukkan bahwa penggerusan dan pengendapan sedimen tidak terjadi secara terus-menerus dengan laju yang sama, melainkan melalui tahapan tertentu yang dipengaruhi oleh sifat aliran dan jenis sedimen.



Gambar 2. Grafik Mass Bed Change Cum RS 5

Selain perubahan dari waktu ke waktu, pola sedimentasi selama operasi sluicing juga berbeda-beda di setiap lokasi sepanjang sungai, terutama di sekitar bangunan pengelak. Area yang dekat dengan pintu sluice mengalami penurunan dasar sungai yang lebih besar dibandingkan bagian hulu yang lebih jauh. Hal ini disebabkan aliran air yang keluar dari pintu yang terbuka memiliki kekuatan lebih besar, sehingga kemampuan mengangkut sedimen di area tersebut meningkat secara signifikan. Dari sini dapat dilihat bahwa keberhasilan sluicing tidak hanya bergantung pada lamanya operasi, tetapi lebih ditentukan oleh bagaimana kekuatan aliran tersebar di berbagai lokasi. Pada tahap awal operasi, sedimen yang paling banyak terangkut adalah partikel halus dan material lepas yang sebelumnya mengendap saat aliran tenang. Karena mudah tergerus, dasar sungai mengalami penurunan cukup cepat pada jam-jam pertama, yang mencerminkan respon awal sistem terhadap perubahan aliran yang tiba-tiba. Seiring waktu, material yang tersisa di bendungan biasanya lebih kasar dan keras. Karena itu, meskipun pintu air (*sluicing*) tetap dibuka, lumpur yang terbawa semakin sedikit. Hasil simulasi menunjukkan bahwa memperlama waktu pembukaan pintu air tidak selalu membuat lebih banyak endapan terangkut. Setelah beberapa saat, cara ini jadi kurang efektif dan tidak efisien untuk mengelola bendungan.

Di lokasi yang jauh dari pintu pembuangan, seperti pada RS 10, grafik menunjukkan penumpukan sedimen terus meningkat selama simulasi. Ini terjadi karena sebagian sedimen yang terbawa dari hulu kembali mengendap saat kecepatan aliran mulai melemah. Artinya, pengaruh sluicing tidak terasa merata di seluruh sungai, terutama di area yang jauh dari arus deras. Pada awal simulasi, pengendapan berlangsung cepat, lalu melambat seiring tercapainya keseimbangan antara sedimen yang datang dan yang mengendap. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sluicing efektif di dekat pintu, sedimen tetap bisa menumpuk kembali di lokasi yang lebih jauh, sehingga pengelolaan sedimentasi tidak cukup hanya difokuskan di area bendungan.



**Gambar 3. Grafik Mass Bed Change Cum RS 10**

Sementara itu, kondisi aliran air selama sluicing terus berubah karena bukaan pintu dan tinggi air tidak tetap. Akibatnya, kecepatan dan kedalaman aliran juga berubah, yang memengaruhi proses pengikisan dan pengendapan sedimen di dasar sungai. Menariknya, pengendapan masih bisa terjadi meskipun sluicing sedang berlangsung, terutama di bagian sungai yang melebar atau alirannya melambat. Dengan kata lain, sluicing tidak menghilangkan sedimen sepenuhnya, tetapi lebih pada memindahkan lokasi penyebarannya.

Oleh karena itu, strategi operasi sluicing perlu dirancang dengan lebih cermat. Operasi yang hanya mengutamakan durasi lama tanpa mempertimbangkan perilaku aliran dan sedimen cenderung kurang efektif. Waktu operasi sebaiknya difokuskan pada fase awal, ketika proses penggerusan masih maksimal, agar penggunaan sumber daya lebih efisien. Untuk Bendungan Sutami, simulasi ini menunjukkan bahwa sluicing berpotensi menjadi metode pengendalian sedimentasi, tetapi keberhasilannya sangat bergantung pada kondisi awal sedimen dan pengaturan bukaan pintu. Secara keseluruhan, simulasi selama 24 jam memberikan gambaran yang lebih realistis dibandingkan simulasi singkat, karena mampu menangkap perubahan proses yang terjadi seiring waktu di berbagai lokasi.

Analisis neraca massa dan volume sedimen dilakukan untuk mengevaluasi keseimbangan antara sedimen yang masuk dan sedimen yang keluar dari sistem selama periode simulasi.

Tabel 1. *Sediment Mass*

River	Reach	RS		
Brantas	1	85	Mass In Cum	11,0175 ton
Brantas	1	1	Mass Out Cum	8,855 ton

Perbandingan pada tabel 1. menunjukkan bahwa sebagian besar sedimen yang masuk ke sistem berhasil dikeluarkan kembali, meskipun masih ada sebagian sedimen yang tertahan di dalam sistem. Selisih antara sedimen yang masuk dan keluar menandakan bahwa penumpukan sedimen masih terjadi, tetapi dalam jumlah yang lebih kecil dan lebih terkendali. Kondisi ini menggambarkan peran *sluicing* dalam menggerakkan kembali sedimen dasar akibat meningkatnya kecepatan aliran saat pintu dibuka. Dengan demikian, data neraca sedimen memperlihatkan bahwa *sluicing* cukup efektif dalam menekan laju penumpukan sedimen, walaupun belum mampu menghilangkan sedimentasi sepenuhnya. Metode ini mampu mengeluarkan sebagian besar sedimen yang masuk sekaligus memindahkan sedimen yang sudah ada, sehingga layak digunakan sebagai upaya pengendalian sedimentasi dalam jangka menengah. Oleh karena itu, keberhasilan sluicing sebaiknya dinilai dari kemampuannya mengurangi penumpukan sedimen dan menjaga kinerja bendungan, bukan dari upaya menghilangkan sedimen secara total

### 3. Efektivitas Temporal dan Implikasi Operasional

Analisis temporal selama simulasi 24 jam menunjukkan bahwa efektivitas *sluicing* tidak meningkat secara linier terhadap lamanya waktu operasi. Pada tahap awal operasi, laju perubahan elevasi dasar dan mobilisasi sedimen relatif tinggi, seiring dengan meningkatnya energi aliran akibat pembukaan pintu bendungan. Kondisi ini menunjukkan bahwa respon sistem terhadap sluicing paling signifikan terjadi pada periode awal operasi. Pola seperti ini menandakan adanya ambang temporal di mana tambahan durasi memberi pengembalian yang semakin kecil. Temuan ini sejalan dengan observasi operasional dan studi kontrol sedimen (Quadroni et al., 2024). Seiring bertambahnya waktu operasi, laju perubahan dasar sungai cenderung melambat meskipun debit aliran relatif konstan. Penurunan laju ini mengindikasikan bahwa sedimen yang mudah termobilisasi telah banyak terangkut

pada fase awal, sementara sedimen yang tersisa membutuhkan energi aliran yang lebih besar untuk dapat tererosi. Fenomena ini menunjukkan adanya batas efektivitas temporal dari operasi sluicing.

Temuan tersebut memiliki implikasi penting terhadap strategi operasional bendungan. Operasi sluicing yang dilakukan secara kontinu dalam durasi panjang tidak selalu menghasilkan peningkatan efisiensi pengangkutan sedimen yang sebanding. Dalam kondisi tertentu, penambahan durasi operasi justru berpotensi meningkatkan penggunaan air tanpa memberikan manfaat sedimentasi yang signifikan. Oleh karena itu, strategi pengelolaan sedimentasi yang lebih efektif adalah dengan mengoptimalkan waktu dan debit operasi sluicing berdasarkan respon sistem. Pendekatan ini memungkinkan pengelola bendungan untuk memaksimalkan mobilisasi sedimen pada periode paling efektif, sekaligus meminimalkan pemborosan sumber daya air dan potensi dampak sedimentasi lanjutan di hilir.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Analisis Metode Sluicing Untuk Pengendalian Sedimentasi Di Bendungan Sutami Menggunakan Hec-Ras, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sedimentasi di Bendungan Sutami cenderung menumpuk cukup besar, terutama di sekitar pintu air. Hal ini terjadi karena aliran melambat akibat efek *backwater*, sehingga kemampuan air untuk membawa sedimen berkurang. Tanpa adanya *sluicing*, perubahan jumlah sedimen relatif kecil dan stabil selama simulasi, yang berarti sistem hampir seimbang tetapi pergerakan sedimen sangat terbatas. Jika tidak ada tindakan, penumpukan sedimen akan terus terjadi dan berpotensi mengurangi kapasitas tampungan bendungan dalam jangka panjang.
2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode *sluicing* secara signifikan efektif dalam mengeluarkan sedimen dibandingkan tanpa *sluicing*, terutama di area bendungan. Dalam 24 jam, pelepasan sedimen paling besar terjadi di awal operasi saat aliran meningkat dan sedimen mudah terangkut. Setelah itu, laju pelepasan menurun dan cenderung stabil meskipun *sluicing* masih berjalan. Artinya, *sluicing* efektif mengurangi sedimen, tetapi kinerjanya terbatas oleh waktu dan kondisi aliran saat operasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atmodjo, P., & Sangkawati, S. (2013). PERBANDINGAN EFEKTIFITAS HASIL PENGELONTORAN SEDIMEN DI WADUK CARA FLUSHING DAN SLUICING (Vol. 34, Issue 2).
- Dwipayana, Adhitiya. B. H. K. R. (2020). adminj,+3\_Aditya+Dwipayana. PENGARUH AKUMULASI SEDIMEN PADA SALURAN IRIGASI TERHADAP PRIORITAS REHABILITASI KONSTRUKSI (STUDI KASUS D.I. LEUWI KUYA KAB. BANDUNG & KAB. BANDUNG BARAT) , 14, 30–45.
- Mahmud, G., Darsono, S., & P, T. T. (2020). ANALISIS SEDIMENTASI DAN PREDIKSI DISTRIBUSI SEDIMEN DI WADUK TILONG KABUPATEN KUPANG. Rang Teknik Journal, 3(2), 227–233. <https://doi.org/10.31869/rjt.v3i2.1788>
- Melinda, F., & Sari, R. (2025). PEMBANGUNAN BENDUNGAN: PERANAN DAN TANTANGAN DALAM PENGENDALIAN BANJIR.
- Nakano, D., Suzuki, J., Fujita, K., & Imamura, M. (2024). Restoration effects of sediment supply by sediment sluicing dam operations on macroinvertebrate assemblages in the Mimi River, Japan. Ecological Engineering, 206. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107336>
- PJT1. (2020). Pengelolaan Ketersediaan Air – Perum Jasa Tirta I. Pengelolaan Ketersediaan Air. <https://jasatirta1.co.id/pengelolaan-ketersediaan-air/>
- PUPR. (2021). MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA.
- Quadroni, S., Servanzi, L., Crosa, G., & Espa, P. (2024). Two-year assessment of the effects of controlled sediment flushing on stream habitats and biota at reach scale. Scientific Reports, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72015-9>
- Sitepu, C. B. Br., Eka Iftitah Nurdin, A., Abdilah Pribadi, I., & Dewi, S. (2022). Analisis Dampak Pembangunan Infrastruktur Bendungan terhadap Perekonomian-Kesejahteraan pada Masa Pandemi Covid-19. Jurnal Manajemen Perbendaharaan, 3(2), 170–185. <https://doi.org/10.33105/jmp.v3i2.419>

- Sugiharto, M. A. (2020). DAMPAK PEMBANGUNAN KAWASAN DESTINASI WISATA BENDUNGAN KARANGKATES BAGI MASYARAKAT DESA KARANGKATES KABUPATEN MALANG (Vol. 8, Issue 2).
- Sukmono, A., Laila Nugraha, A., Putra Wijaya, A., & Ahdityas, R. (2023). Development of Total Suspended Solid (TSS) Estimation Algorithm Using Landsat 9 Satellite Imagery in Cacaban Reservoir Waters. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 38(1), 84–92.
- Vinaya Bhasia, V., Tasya, N., Puspita, S., Santosa, B., & Mulyanto, Y. Y. (2024). Analisis Potensi Laju Sedimentasi pada Waduk (Studi Kasus Waduk Cengklik Kabupaten Boyolali). In *Teknik Sipil Unika Soegijapranata Semarang* | (Vol. 8).

