

Analisis Potensi Sedimentasi Di Sungai Code Pada Segmen Kawasan Permukiman Padat Menggunakan HEC-RAS 6.6

Tezar Nugraha Adi*, Mawiti Infantri Yekti, Didik Purwantoro, dan Qonaah Rizqi Fajriani

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta 55281, Indonesia

Kata Kunci:
HEC-RAS
Sedimentasi
Sungai Code
USLE

Keywords:
HEC-RAS
Sedimentation
Code River
USLE

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi sedimentasi di Sungai Code, khususnya pada segmen Jembatan Tungkak sampai Jembatan Sewon, Daerah Istimewa Yogyakarta. Fokus dari penelitian ini yaitu pola distribusi sedimen dan potensi laju sedimentasi yang dipengaruhi oleh material vulkanik Gunung Merapi pada permukiman padat. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain simulasi numerik. Data yang digunakan mencakup data curah hujan dari tahun 2018-2024, karakteristik DAS, geometri sungai, debit banjir rencana, serta data sedimen. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan metode Log-Pearson III dan HSS Nakayasu, sedangkan perhitungan erosi dilakukan dengan metode USLE. Pemodelan hidrolika dan sedimentasi dilakukan menggunakan software HEC-RAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata laju erosi pada DAS Sungai Code mencapai 1256,879 ton/ha/tahun. Dengan nilai SDR sebesar 0,32, diperoleh sediment yield sebesar 349.914 ton/tahun. Hasil pemodelan sedimentasi menggunakan HEC-RAS dengan simulasi 24 jam mengindikasikan bahwa nilai mass in cumulative meningkat seiring bertambahnya kala ulang debit, dengan nilai berkisar antara 72.176 ton hingga 110.820 ton, sedangkan mass out cumulative berada pada rentang 29.129 ton hingga 59.113 ton. Selisih antara mass in dan mass out menunjukkan akumulasi sedimen dengan nilai terbesar terjadi pada kala ulang 25 tahun sebesar 60.565 ton. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa segmen Sungai Code yang diteliti memiliki potensi sedimentasi yang tinggi dan berisiko mengurangi kapasitas aliran.

ABSTRACT

This study aims to analyze the potential for sedimentation in the Code River, particularly in the segment between Tungkak Bridge and Sewon Bridge, Special Region of Yogyakarta. The focus of this study is the distribution pattern of sediment and the potential rate of sedimentation influenced by volcanic material from Mount Merapi in densely populated areas. This study uses quantitative methods with a numerical simulation design. The data used includes rainfall data from 2018-2024, watershed characteristics, river geometry, planned flood discharge, and sediment data. Hydrological analysis was performed using the Log-Pearson III and Nakayasu HSS methods, while erosion calculations were performed using the USLE method. Hydraulic and sedimentation modeling was performed using HEC-RAS software. The results show that the average erosion rate in the Code River watershed reached 1,256.879 tons/ha/year. With an SDR value of 0.32, a sediment yield of 349,914 tons/year was obtained. The results of sedimentation modeling using HEC-RAS with a 24-hour simulation indicate that the cumulative mass in value increases with the increase in discharge return period, ranging from 72,176 tons to 110,820 tons, while the cumulative mass out is in the range of 29,129 tons to 59,113 tons. The difference between mass in and mass out shows sediment accumulation, with the highest value occurring at a 25-year return period of 60,565 tons. The conclusion shows that the studied segment of the Code River has high sedimentation potential and risks reducing flow capacity.



This is an open access article under the CC-BY license.

1. Pendahuluan

Morfologi permukaan bumi senantiasa mengalami perubahan dari waktu ke waktu akibat aktivitas eksogenik berupa proses pengendapan atau sedimentasi. Proses ini terjadi ketika bahan sedimen awalnya dibawa oleh agen seperti air dan angin, kemudian akhirnya terakumulasi di dalam kolam sedimentasi [1]. Sedimentasi pada sungai merupakan proses pengendapan material sedimen yang terbawa oleh arus air, yang sering terjadi akibat adanya

erosi di daerah hulu dan aktivitas manusia di sepanjang daerah aliran sungai. Proses ini mengakibatkan sungai menjadi dangkal, yang berpengaruh pada penurunan kapasitas penampungan air dan meningkatkan risiko banjir saat curah hujan tinggi.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji dampak sedimentasi terhadap berbagai infrastruktur sungai. Fachriadam et al. [2] menunjukkan bahwa sedimentasi telah mengurangi kapasitas Waduk Bili-Bili secara

*Corresponding author.

E-mail: teznugraha.2021@student.uny.ac.id

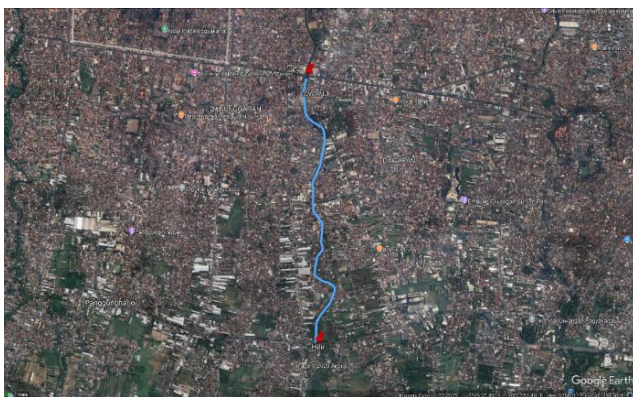
Available online 31 Maret 2026

signifikan dari tahun 1997 hingga 2023, sehingga umur pemanfaatan waduk berkurang dari 50 tahun menjadi sekitar 19 tahun. Agung et al. [3] menemukan laju pengendapan sedimen yang sangat tinggi di muara Sungai Silugonggo yang mengganggu aktivitas nelayan. Hanun et al. [4] menganalisis bahwa variasi pasang surut dan debit aliran berpengaruh pada distribusi sedimen di saluran drainase Sungai Raya Dalam.

Sungai Code yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu sungai yang mengalami masalah sedimentasi signifikan. Masalah khusus yang sering muncul adalah penumpukan material vulkanik seperti pasir dan kerikil yang terbawa akibat erupsi Gunung Merapi.

Pada segmen antara Jembatan Tungkak sampai Jembatan Sewon sepanjang 2,58 km, masalah sedimentasi terjadi lebih intensif karena pengaruh kombinasi dari aktivitas permukiman padat, perubahan penggunaan lahan, serta material vulkanik yang terbawa aliran dari hulu.

Meskipun telah banyak penelitian mengenai sedimentasi sungai, kajian yang mengintegrasikan analisis hidraulika, sedimentasi, dan perubahan morfologi sungai secara kuantitatif pada segmen kritis Sungai Code masih terbatas. Penelitian sebelumnya cenderung bersifat umum dan belum secara spesifik menganalisis potensi sedimentasi pada kawasan permukiman padat dengan menggunakan pemodelan numerik yang komprehensif.



Gambar 1. Segmen Sungai Code yang diteliti

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi sedimentasi di Sungai Code pada segmen Jembatan Tungkak sampai Jembatan Sewon menggunakan software HEC-RAS 6.6 yang diintegrasikan dengan metode USLE. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah dalam pengelolaan sedimentasi serta mitigasi risiko banjir dan kerusakan infrastruktur di daerah sungai.

2. Metode Penelitian

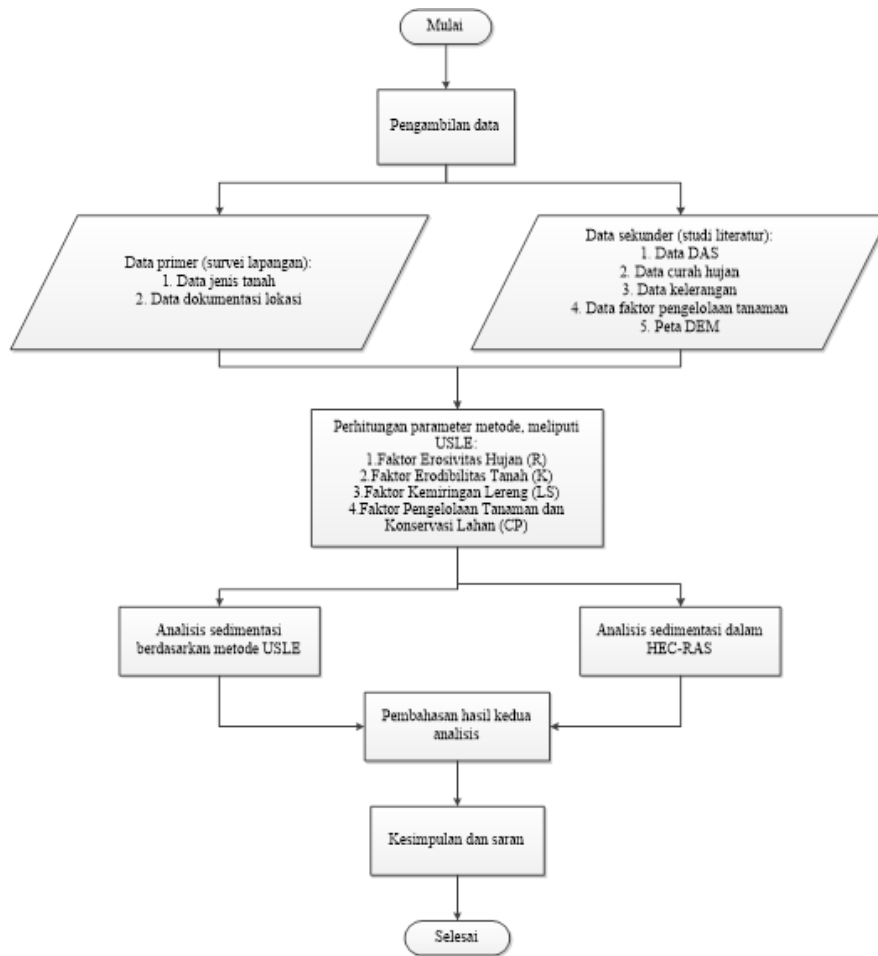
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain simulasi numerik. Lokasi penelitian berada di segmen Sungai Code di kawasan Tungkak-Sewon dengan koordinat sekitar $7^{\circ}48'56.15''$ LS, $110^{\circ}22'28.70''$ BT. Data yang digunakan mencakup data curah hujan dari tahun 2018-2024, karakteristik DAS, geometri sungai, debit banjir rencana, serta data sedimen. Gambar 3 menunjukkan diagram alir penelitian.

2.1 Pengumpulan Data

Data primer diperoleh melalui survei lapangan untuk mengidentifikasi kondisi fisik daerah sungai, jenis tanah, dan dokumentasi lokasi. Data sekunder meliputi data curah hujan dari Stasiun Klimatologi Yogyakarta, data geometri sungai dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Serayu Opak, dan data gradasi sedimen dari jurnal referensi [5].



Gambar 2. Hulu sungai pada segmen Sungai Code yang diteliti



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.2 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana menggunakan metode distribusi Log-Pearson III. Untuk menentukan curah hujan rencana, analisis frekuensi diperlukan, bertujuan untuk mengidentifikasi keterkaitan antara magnitudo kejadian ekstrem dan frekuensinya menggunakan distribusi probabilitas [6]. Curah hujan maksimum harian tahunan dari tahun 2018-2024 dianalisis menggunakan uji kecocokan distribusi Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov. Intensitas hujan rencana dihitung menggunakan metode Mononobe, kemudian dikonversi menjadi distribusi hujan jam-jaman.

Debit banjir rencana dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu dengan parameter morfologi DAS meliputi luas DAS (A) sebesar 8,7 km², panjang sungai utama (L) sebesar 8,29 km, dan koefisien pengaliran (C) sebesar 0,5. Parameter waktu yang dihitung meliputi waktu konsentrasi (T_g), satuan waktu dari curah hujan (T_r), waktu puncak (T_p), dan waktu penurunan (T_{0.3}).

2.3 Analisis Erosi Menggunakan USLE

Analisis erosi dilakukan menggunakan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) dengan persamaan:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Dimana A adalah jumlah tanah tererosi (ton/ha/tahun), R adalah indeks erosivitas curah hujan, K adalah faktor erodibilitas tanah, LS adalah faktor panjang dan kemiringan lereng, C adalah faktor pengelolaan tanaman, dan P adalah faktor konservasi lahan.

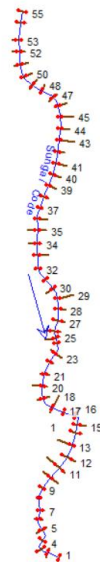
Faktor erosivitas hujan (R) dihitung menggunakan rumus Bols (1978). Faktor erodibilitas tanah (K) ditentukan berdasarkan jenis tanah regosol dengan nilai 0,30. Faktor LS ditentukan berdasarkan analisis pemetaan menggunakan software GIS dengan nilai 3,1 untuk lereng 15-25%. Faktor pengelolaan tanaman (C) menggunakan nilai 0,7 untuk lahan tanpa spesifikasi, dan faktor konservasi lahan (P) bernilai 1 untuk kategori tanpa konservasi. Sediment Delivery Ratio (SDR) dihitung menggunakan persamaan:

$$SDR = 0,42 \times A^{-0,125} \quad (2)$$

Muatan sedimen (*sediment yield*) kemudian dihitung dengan mengalikan laju erosi dengan nilai SDR.

2.4 Pemodelan Menggunakan HEC-RAS

Pemodelan transport sedimen dilakukan menggunakan *software* HEC-RAS 6.6 dengan pendekatan *quasi-unsteady flow*. Program HEC-RAS juga berfungsi untuk menganalisis aspek hidrolis, dan dengan program ini, dapat dilakukan simulasi aliran yang permanen (*steady flow*) maupun tidak permanen (*unsteady flow*) untuk menentukan tingkat ketinggian air di sepanjang segmen sungai [7]. Model geometri sungai dibuat berdasarkan 55 penampang melintang (*cross section*) dengan data elevasi dan jarak antar penampang. Koefisien kekasaran Manning (*n*) ditentukan berdasarkan kondisi dasar dan tebing sungai.



Gambar 4. Skema Sungai Code pada software HEC-RAS

Data debit aliran dimasukkan dalam bentuk hidrograf hasil perhitungan HSS Nakayasu untuk berbagai kala ulang (2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun). *Boundary condition* di bagian hulu menggunakan data debit *time series* dengan interval waktu satu jam, sedangkan di bagian hilir menggunakan metode *normal depth* dengan *friction slope* sebesar 0,00615.

Parameter sedimen diinput berdasarkan data gradasi butir sedimen dengan ukuran berkisar dari *Very Fine Sand* (0,125 mm) hingga *Medium Gravel* (16 mm). Fungsi transport sedimen menggunakan metode Ackers-White dengan *sorting method* Thomas (Ex5) dan *fall velocity method* Van Rijn. Simulasi dilakukan selama 24 jam untuk setiap kala ulang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Curah Hujan Rencana

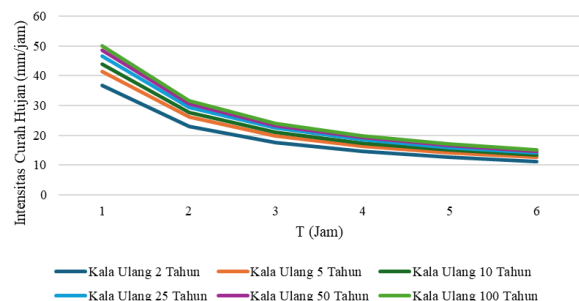
Berdasarkan analisis frekuensi menggunakan metode Log-Pearson III terhadap data curah hujan maksimum tahunan periode 2018-2024, diperoleh curah hujan rencana untuk berbagai kala ulang. Hasil uji kecocokan distribusi menunjukkan bahwa distribusi Log-Pearson III diterima dengan nilai Chi-Square sebesar 0,857 (lebih kecil dari Chi-Kritik 3,841) dan nilai maksimum Smirnov-Kolmogorov sebesar 0,135 (lebih kecil dari D-kritik 0,49).

Curah hujan rencana yang diperoleh disajikan pada Tabel 1. Intensitas hujan rencana tertinggi terjadi pada jam pertama dengan nilai berkisar antara 36,66 mm/jam hingga 50,05 mm/jam tergantung kala ulang.

Tabel 1. Curah hujan rencana berdasarkan distribusi Log-Pearson III

Kala ulang (tahun)	Curah hujan rencana (mm)
2	105,76
5	119,43
10	126,74
25	134,63
50	139,76
100	144,39

Intensitas hujan rencana menggunakan metode Mononobe disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil perhitungan intensitas curah hujan metode Mononobe

3.2 Debit Banjir Rencana

Hasil perhitungan debit menggunakan metode HSS Nakayasu menunjukkan bahwa debit puncak meningkat seiring bertambahnya kala ulang. Debit puncak untuk berbagai kala ulang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi debit puncak metode HSS Nakayasu

Kala ulang (tahun)	Debit puncak (m ³ /detik)	Debit rata-rata (m ³ /detik)
2	14,34	3,91
5	15,95	4,18

Kala ulang (tahun)	Debit puncak (m ³ /detik)	Debit rata-rata (m ³ /detik)
10	16,82	4,33
25	17,75	4,48
50	18,36	4,58
100	18,91	4,67

Hidrograf banjir untuk berbagai kala ulang disajikan pada Gambar 6, menunjukkan pola lengkung naik yang cepat diikuti dengan lengkung turun yang bertahap.

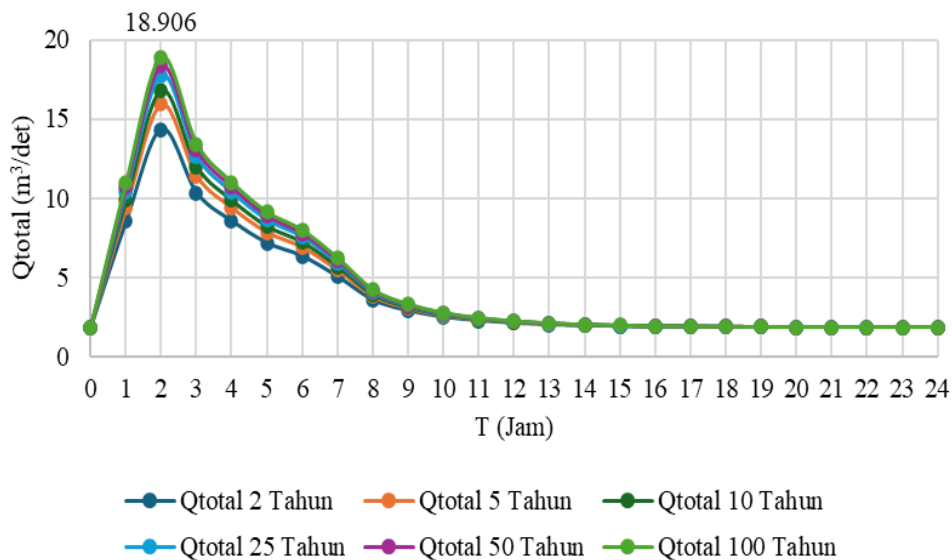
3.3 Laju Erosi dan Muatan Sedimen

Hasil perhitungan menggunakan metode USLE menunjukkan bahwa rata-rata laju erosi pada DAS Sungai Code mencapai 1.256,879 ton/ha/tahun. Nilai erosivitas hujan (R) bervariasi dari tahun ke tahun sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan laju erosi pada tahun 2018-2024

Tahun	R (KJ/ha)	K	LS	C	P	A (ton/ha)
2018	2336,7	0,3	3,1	0,7	1	1521,19
2019	1605,7	0,3	3,1	0,7	1	1045,32
2020	2264,8	0,3	3,1	0,7	1	1474,40
2021	1547,2	0,3	3,1	0,7	1	1007,26
2022	2196,5	0,3	3,1	0,7	1	1429,94
2023	1248,9	0,3	3,1	0,7	1	813,03
2024	2314,8	0,3	3,1	0,7	1	1506,98
Rata-rata						1256,87

Dengan nilai SDR sebesar 0,32, diperoleh sediment yield sebesar 402,2 ton/ha/tahun atau setara dengan 349.914 ton/tahun untuk seluruh DAS. Nilai ini mengindikasikan bahwa sebagian besar material hasil erosi terbawa hingga segmen sungai yang diteliti.



Gambar 6. Grafik debit HSS Nakayasu berbagai kala ulang

3.4 Hasil Pemodelan HEC-RAS

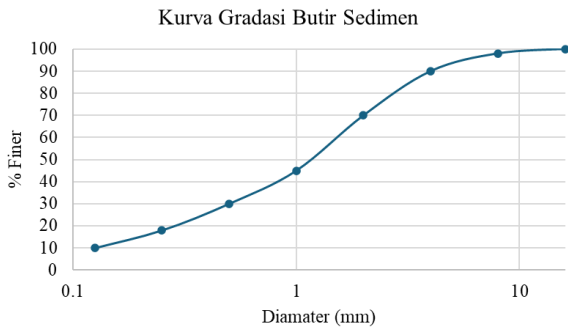
Hasil simulasi transport sedimen menggunakan HEC-RAS dengan durasi 24 jam menunjukkan adanya akumulasi sedimen di sepanjang segmen yang diteliti. Nilai *mass in* dan *mass out* untuk berbagai kala ulang disajikan pada Tabel 4.

Selisih antara *mass in* dan *mass out* menunjukkan akumulasi sedimen yang terjadi di segmen sungai. Nilai akumulasi tertinggi terjadi pada kala ulang 25 tahun sebesar 60.565 ton, diikuti oleh kala ulang 100 tahun sebesar 51.707 ton dan kala ulang 50 tahun sebesar 51.513 ton.

Tabel 4. Sediment output hasil running HEC-RAS

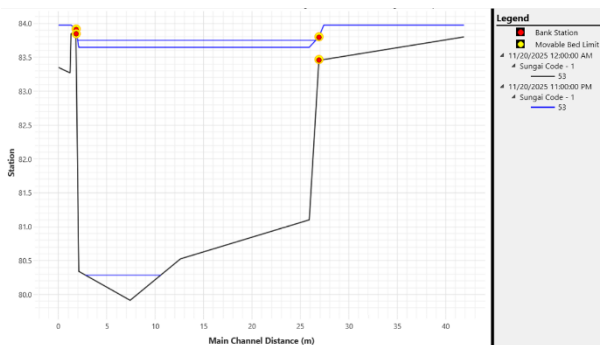
Kala ulang (tahun)	Mass in cum. (ton)	Mass out cum. (ton)	Selisih (ton)
2	72,176	29,129	43,047
5	92,622	42,103	50,519
10	82,357	37,567	44,790
25	116,290	55,725	60,565
50	106,160	54,647	51,513
100	110,820	59,113	51,707

Hasil simulasi juga menunjukkan pola agradasi dan degradasi yang bervariasi sepanjang sungai. Kurva gradasi butir sedimen disajikan pada Gambar 7.

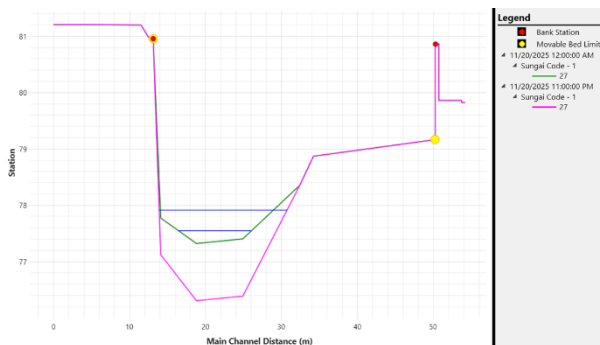


Gambar 7. Gradasi butir sedimen Sungai Code

Agradasi maksimal terjadi pada cross section 53 dengan nilai berkisar antara 3,642 m hingga 3,735 m untuk berbagai kala ulang pada Gambar 8. Degradasi maksimal terjadi pada cross section 27 dengan nilai berkisar antara 0,973 m hingga 1,140 m pada Gambar 9.



Gambar 8. Agradasi maksimum di cross section 53 pada kala ulang 25 tahun



Gambar 9. Degradasi maksimum di cross section 27 pada kala ulang 5 tahun

4. Pembahasan

4.1 Karakteristik Hidraulik Sungai Code

Karakteristik hidraulik segmen Sungai Code menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh kala ulang hujan. Debit aliran rata-rata meningkat dari 3,91 m³/detik pada kala ulang 2 tahun hingga 4,67 m³/detik pada kala ulang 100 tahun, dengan debit puncak mencapai 18,91 m³/detik. Peningkatan intensitas hujan berpotensi

meningkatkan risiko erosi dan ketidakstabilan dasar sungai pada segmen penelitian.

Pada segmen yang berada di kawasan permukiman padat dengan kondisi geometri sungai yang relatif menyempit dan berkelok, peningkatan debit tidak selalu diikuti oleh peningkatan kecepatan aliran secara merata. Kondisi ini menyebabkan terjadinya perlambatan aliran pada bagian-bagian tertentu, sehingga mendukung proses pengendapan sedimen dan memengaruhi karakteristik aliran sungai secara keseluruhan.

4.2 Potensi Erosi dan Transport Sedimen

Berdasarkan metode USLE, potensi erosi di segmen Sungai Code tergolong tinggi dengan rata-rata 1.256,879 ton/ha/tahun. Faktor utama yang mempengaruhi adalah curah hujan tinggi ($R = 1.248,91 - 2.336,70$ KJ/ha), erodibilitas tanah regosol ($K = 0,3$), kemiringan lereng 15-25% ($LS = 3,1$), dan tidak adanya konservasi lahan ($P = 1$).

Nilai *sediment yield* sebesar 349.914 ton/tahun menunjukkan bahwa sebagian besar material hasil erosi terbawa ke sungai. Daerah hulu sungai memiliki risiko erosi yang cukup tinggi, yang dapat mengurangi kualitas air dan mempengaruhi kemampuan sungai dalam mengangkut sedimen. Hasil ini sejalan dengan penelitian Yekti et al. [8] yang menunjukkan bahwa metode USLE dapat mengidentifikasi potensi erosi secara efektif untuk mendukung pengelolaan sedimentasi sungai.

4.3 Pola Distribusi Sedimen

Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan pola distribusi sedimen yang bervariasi sepanjang segmen sungai. Perbedaan antara mass in dan mass out pada seluruh kala ulang mengindikasikan terjadinya akumulasi sedimen, dengan nilai berkisar antara 43.047 ton/hari hingga 60.565 ton/hari. Pengendapan sedimen lebih dominan terjadi pada segmen dengan kecepatan aliran rendah, terutama di kawasan permukiman padat.

Agradasi maksimal terjadi pada cross section 53 (sekitar 3,6-3,7 m) yang berada di bagian hilir segmen penelitian, sedangkan degradasi maksimal terjadi pada cross section 27 (sekitar 0,9-1,1 m) yang berada di bagian tengah. Pola ini menunjukkan bahwa material sedimen tererosi di bagian tengah dan terendapkan di bagian hilir akibat penurunan kecepatan aliran.

Temuan ini konsisten dengan penelitian Haikal et al. [9] dan Rusdi et al. [10] yang menunjukkan bahwa pemodelan

HEC-RAS dapat mengidentifikasi lokasi agradasi dan degradasi dengan akurat. Namun, berbeda dengan penelitian Munte et al. [11] yang menemukan agradasi tertinggi pada metode Engelund-Hansen, penelitian ini menggunakan metode Ackers-White yang lebih sesuai untuk karakteristik sedimen di Sungai Code.

4.4 Implikasi terhadap Pengelolaan Sungai

Hasil penelitian menunjukkan bahwa segmen Sungai Code pada kawasan permukiman padat memiliki risiko sedimentasi yang cukup besar. Akumulasi sedimen berpotensi menyebabkan sungai menjadi lebih dangkal, menurunkan kapasitas penampang aliran, dan meningkatkan risiko limpasan serta banjir pada musim hujan. Kondisi ini sejalan dengan temuan Syafaat et al. [12] yang menunjukkan bahwa laju sedimentasi lebih tinggi pada musim hujan akibat debit dan kecepatan aliran yang lebih besar.

Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan sedimen yang terintegrasi meliputi konservasi lahan di daerah hulu (*cross section* 27) yang menunjukkan tingkat erosi terbesar, serta pengendalian sedimen di daerah *cross section* 53 yang merupakan lokasi akumulasi sedimentasi terbesar. Upaya normalisasi sungai, pengerukan berkala, dan penerapan vegetasi riparian perlu dilakukan untuk meminimalkan risiko sedimentasi dan dampaknya terhadap kapasitas alur sungai serta masyarakat di sekitar kawasan penelitian.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa segmen Sungai Code antara Jembatan Tungkak sampai Jembatan Sewon memiliki potensi sedimentasi yang tinggi. Karakteristik hidraulik menunjukkan debit aliran rata-rata meningkat dari 3,91 m³/detik hingga 4,67 m³/detik untuk kala ulang 2-100 tahun, dengan debit puncak mencapai 18,91 m³/detik.

Potensi laju sedimentasi berdasarkan metode USLE mencapai 1.256,879 ton/ha/tahun dengan sediment yield sebesar 349.914 ton/tahun. Hasil simulasi HEC-RAS menunjukkan akumulasi sedimen berkisar antara 43.047 ton/hari hingga 60.565 ton/hari untuk berbagai kala ulang, dengan akumulasi tertinggi terjadi pada kala ulang 25 tahun.

Pola distribusi sedimen menunjukkan agradasi maksimal terjadi pada *cross section* 53 (3,6-3,7 m) dan degradasi maksimal pada *cross section* 27 (0,9-1,1 m). Hasil pemodelan HEC-RAS dapat dimanfaatkan untuk

menentukan prioritas penanganan sedimentasi melalui pengerukan, normalisasi sungai, dan perencanaan pengelolaan yang berkelanjutan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan data gradasi sedimen dari pengujian laboratorium, parameter USLE berdasarkan kondisi lapangan aktual, dan durasi simulasi yang lebih panjang dengan pemodelan dua dimensi untuk meningkatkan akurasi analisis sedimentasi.

Daftar Rujukan

- [1] M. Arif, F. Fitriana, and E. Altirika, "Study of Sediment Deposit Characteristics based on Geotechnical Properties and Geographic Information System (GIS) Approaches," *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, vol. 19, no. 2, pp. 203–211, Dec. 2023, doi: 10.21831/inersia.v19i2.66778.
- [2] M. Fachriadam, R. Musa, and ud Sar, "Analisis sedimentasi terhadap umur guna Waduk Bili-Bili," *JUTIN: Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 2025, doi: 10.31004/jutin.v8i1.41099.
- [3] N. Agung, R. Pambudi, G. Handoyo, and B. Rochaddi, "Estimasi Laju Pengendapan Sedimen di Perairan Muara Sungai Silugonggo Kabupaten Pati," 2023. [Online]. Available: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijocediterima/>
- [4] S. A. Hanun, Nurhayati, and Umar, "Analisis Angkutan Sedimen Melayang di Bagian Hilir Saluran Drainase Sungai Raya Dalam, Peri-Urban Kota Pontianak, Kalimantan Barat," *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, pp. 171–179, 2025.
- [5] J. Ikhsan and P. Windamukti, "Study of Bed Load Transport in Code River (Case Study in Yogyakarta Region)," 2021.
- [6] J. S. Hariyadi, Istiarto, and A. P. Rahardjo, "Evaluation of Flood Control Performance in Talangsari Watershed, Samarinda, East Kalimantan," *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, vol. 19, no. 1, pp. 1–11, May 2023, doi: 10.21831/inersia.v19i1.54144.
- [7] Y. Lestari, Istiarto, and J. Sujono, "The Performance of Diversion Channels and Cofferdams of Bener Dam," *INERSIA*, Dec. 2023, doi: 10.21831/inersia.v19i1.58182.
- [8] M. I. Yekti, N. M. V. S. Marsha, A. M. Hidayati, and B. Schultz, "Sedimentation Evaluation of Downstream Reaches of River Badung by Applying HEC-GeoRAS and USLE Method," *Arab. J. Sci. Eng.*, Jan. 2024, doi: 10.1007/s13369-024-09232-x.

- [9] A. Haikal, R. Musa, and M. Sar, "Model Sedimentasi Dengan Menggunakan Aplikasi HEC-RAS," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 2020.
- [10] A. Rusdi, N. Nurbia, H. Pristiano, M. A. Butudoka, A. Pamudjianto, and F. Desembardi, "Laju Sedimen Dasar Pada Sungai Klagison Menggunakan Program HEC-RAS," *Konstruksia*, vol. 15, no. 1, p. 47, Dec. 2023, doi: 10.24853/jk.15.1.47-57.
- [11] S. R. Munte, E. N. Lydia, and F. Isma, "Evaluasi Transpor Sedimen Dasar (Bed Load) Pada Estuari Kuala Langsa Menggunakan Program Hec-Ras 5.0.7," *JMTS: Jurnal Media Teknik Sipil*, vol. 6, May 2025.
- [12] H. M. Syafaat, Y. P. W. Prasetyo, H. Sujatmiko, D. A. Purnomo, and Z. Erwanto, "Analisis Laju Sedimen Berdasarkan Data Unsteady Flow Real Time Dengan HEC-RAS di DAS Bomo Banyuwangi," *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 69–80, Mar. 2025, doi: 10.52158/jaceit.v6i1.1114.