



Analisis Dampak Sedimentasi Terhadap Kapasitas Tampung Waduk di Jawa Tengah

Bina Arumbinang Wajdi^{1*}, Ety Fitriyani², Hufa Istikomah³, Abdul Fida Ismail⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

*Corresponding Author: Bina Arumbinang Wajdi, e-mail: binaarum@untidar.ac.id

Received: 01 August 2025, Approved: 25 September 2025, Published: 30 September 2025

Abstrak

Waduk memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan air, penyediaan air baku, irigasi pertanian, dan pengendalian banjir di wilayah Jawa Tengah. Namun, dalam dua dekade terakhir, sedimentasi menjadi salah satu permasalahan paling serius yang mengancam keberlanjutan fungsi waduk. Penumpukan sedimen di dasar waduk secara perlahan menurunkan kapasitas tampung dan mengurangi efektivitas operasi, terutama pada musim kering ketika kebutuhan air meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif pengaruh sedimentasi terhadap kapasitas tampung waduk melalui analisis literatur dan studi kasus sekunder. Metode yang digunakan adalah tinjauan pustaka sistematis dengan pendekatan analisis komparatif terhadap beberapa waduk utama di Jawa Tengah, yaitu Wadaslintang, Kedungombo, Sempor, dan Mrica. Data sekunder diperoleh dari hasil penelitian terdahulu, laporan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS), serta publikasi ilmiah nasional. Hasil kajian menunjukkan bahwa tingkat sedimentasi yang tinggi telah menurunkan kapasitas tampung efektif waduk hingga mencapai 15-40 persen dari kapasitas awal. Faktor penyebab utamanya meliputi erosi lahan di daerah tangkapan air, perubahan tata guna lahan, dan keterbatasan kegiatan pemeliharaan rutin. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan sedimen yang lebih terpadu melalui kombinasi pendekatan teknis seperti pengerukan dan sabo dam dengan pendekatan non-teknis berbasis konservasi dan partisipasi masyarakat. Kajian ini diharapkan menjadi acuan dalam perencanaan pengelolaan waduk yang berkelanjutan di Jawa Tengah.

Kata kunci: Sedimentasi, Kapasitas Tampung, Waduk, Jawa Tengah, Pengelolaan Sedimen.

Abstract

Reservoirs play a strategic role in supporting water security, providing raw water, agricultural irrigation, and flood control in Central Java. However, over the past two decades, sedimentation has become one of the most serious problems threatening the sustainability of reservoir functions. The accumulation of sediments on the reservoir bed gradually decreases storage capacity and reduces operational effectiveness, particularly during the dry season when water demand increases. This study aims to comprehensively examine the impact of sedimentation on reservoir storage capacity through literature analysis and secondary case studies. The method employed is a systematic literature review with a comparative analysis approach of several major reservoirs in Central Java, namely Wadaslintang, Kedungombo, Sempor, and Mrica. Secondary data were

obtained from previous research, official reports from the River Basin Agency (BBWS), and national scientific publications. The results show that high sedimentation rates have reduced the effective storage capacity of reservoirs by 15-40 percent of their initial capacity. The main contributing factors include soil erosion in catchment areas, land-use changes, and limited maintenance activities. Therefore, an integrated sediment management strategy is required, combining technical measures such as dredging and sabo dams with non-technical approaches based on land conservation and community participation. This study is expected to serve as a reference for sustainable reservoir management planning in Central Java.

Keywords: Sedimentation, Storage Capacity, Reservoir, Central Java, Sediment Management.

DOI: <https://doi.org/10.52188/jendelaaswaja.v6i3.1753>

©2025 Authors by Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon



Pendahuluan

Waduk memiliki peranan strategis dalam pengelolaan sumber daya air di Indonesia, termasuk di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki karakter topografi beragam serta tingkat kebutuhan air yang tinggi sepanjang tahun. Waduk berperan dalam penyediaan air baku bagi penduduk dan industri, pengairan bagi lahan pertanian, pembangkit listrik tenaga air skala kecil, serta pengendalian banjir pada musim hujan. Dalam konteks ketahanan air regional, waduk merupakan infrastruktur yang menjaga keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air, terutama ketika variabilitas iklim dan pertumbuhan penduduk meningkatkan tekanan terhadap sumber daya air. Menurut laporan BBWS Serayu Opak (2022), sejumlah waduk besar seperti Wadaslintang, Kedungombo, Sempor, dan Mrica merupakan elemen penting dalam sistem tata air lintas kabupaten di Jawa Tengah, sekaligus penopang utama stabilitas air untuk kepentingan domestik, pertanian, dan energi.

Meskipun memiliki nilai strategis yang tinggi, waduk-waduk tersebut menghadapi tekanan serius akibat sedimentasi yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Sedimentasi umumnya berasal dari erosi tanah di daerah tangkapan air yang terbawa aliran permukaan menuju waduk. Proses ini merupakan gejala alamiah, namun intensitasnya meningkat pesat akibat aktivitas manusia seperti pembukaan hutan, alih fungsi lahan, dan praktik pertanian di lereng curam tanpa pengelolaan konservasi yang memadai. Menurut Fitriana (2021), sedimentasi yang tidak terkendali menyebabkan penurunan volume tampung efektif waduk secara signifikan, yang pada akhirnya menurunkan kemampuan waduk menahan banjir maupun menyuplai air pada musim kemarau. Dampak ini tidak hanya memengaruhi kapasitas tampung, tetapi juga menurunkan umur teknis waduk dan meningkatkan biaya operasional jangka panjang.

Dampak penurunan kapasitas tampung akibat sedimentasi memiliki konsekuensi langsung terhadap efektivitas pengelolaan sumber daya air. Ketika kapasitas tampung berkurang, waduk kehilangan fungsi optimumnya dalam mengatur debit aliran masuk dan keluar, sehingga jaringan irigasi menjadi kurang efisien dan pasokan air domestik lebih rentan terganggu pada musim kemarau. Fitriana (2021) mencatat bahwa Waduk Kedungombo mengalami penurunan kapasitas yang signifikan dalam dua dekade terakhir sehingga efisiensi operasinya menurun hingga sekitar 30 persen dibandingkan kondisi awal operasionalnya. Fenomena serupa juga ditemukan pada Waduk Sempor. Menurut Putri (2025), tingkat sedimentasi tahunan waduk tersebut mencapai lebih dari 200 ribu meter kubik per tahun, yang menyebabkan kapasitas efektifnya menyusut hingga 38 persen dari volume tampung awal.

Penurunan seperti ini menunjukkan bahwa sedimentasi merupakan ancaman nyata bagi keberlanjutan layanan waduk di Jawa Tengah.

Berbagai studi terdahulu memperkuat temuan bahwa laju sedimentasi di waduk-waduk besar Jawa Tengah semakin meningkat. Reseda et al. (2024) menyebutkan bahwa banyak waduk di Indonesia, termasuk yang berada di Jawa Tengah, telah kehilangan antara 20 hingga 40 persen kapasitas efektifnya akibat sedimentasi yang terus bertambah. Penelitian Yusan dan Putri (2020) pada Waduk Wadaslintang menemukan penurunan kapasitas hingga 17 persen dalam kurun waktu 15 tahun, yang sebagian besar disebabkan oleh tingginya laju erosi di wilayah hulu akibat perubahan tutupan lahan. Kondisi serupa juga terjadi di Waduk Mrica, di mana Waluyo et al. (2024) melaporkan bahwa sedimentasi yang menumpuk di dasar waduk telah mencapai tingkat yang memerlukan pengerukan besar-besaran demi mempertahankan fungsi bendungan sebagai waduk serbaguna.

Selain aspek hidrologi dan teknis, persoalan sedimentasi juga berkaitan erat dengan kondisi kelembagaan dan kebijakan pengelolaan DAS. Waluyo et al. (2024) menyoroti bahwa kurangnya koordinasi antara lembaga pengelola waduk dan pemerintah daerah menyebabkan berbagai program pengendalian sedimen berjalan secara parsial dan tidak terintegrasi. Upaya pengerukan waduk sering kali bersifat reaktif dan tidak diikuti dengan pengendalian sumber sedimen dari hulu, sehingga masalah sedimentasi kembali muncul dalam waktu relatif singkat. Menurut Reseda et al. (2024), diperlukan standar nasional yang lebih kuat dalam hal protokol manajemen sedimentasi, termasuk pemantauan berkala, pemetaan risiko sedimentasi, serta integrasi data antara instansi pusat dan daerah. Hal ini menunjukkan bahwa penanganan sedimentasi tidak dapat dilepaskan dari aspek tata kelola kelembagaan.

Selain tantangan kelembagaan, dinamika sosial-ekonomi masyarakat di wilayah hulu juga berkontribusi terhadap intensitas sedimentasi. Banyak aktivitas pertanian rakyat yang dilakukan pada lahan-lahan miring tanpa perlindungan vegetatif, sehingga meningkatkan risiko erosi setiap kali terjadi hujan lebat. Dalam situasi seperti ini, pendekatan berbasis partisipasi masyarakat menjadi penting agar praktik konservasi tanah dapat benar-benar diterapkan. Sejumlah program yang melibatkan masyarakat dalam rehabilitasi lahan, agroforestri, dan penanaman vegetasi penutup terbukti dapat menurunkan tingkat erosi, namun implementasinya masih belum merata. Dengan demikian, permasalahan sedimentasi waduk merupakan isu multidimensi yang tidak hanya menghadirkan persoalan teknis, tetapi juga persoalan tata kelola dan sosial.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan untuk menganalisis dampak sedimentasi terhadap kapasitas tampung waduk-waduk utama di Jawa Tengah melalui pendekatan tinjauan literatur sistematis dan analisis studi kasus sekunder. Kajian ini diarahkan untuk memberikan gambaran holistik mengenai skala dan pola penurunan kapasitas waduk, sekaligus mengidentifikasi faktor-faktor penyebab utama sedimentasi berdasarkan data sekunder yang tersedia. Penelitian ini juga bertujuan untuk meninjau strategi pengelolaan sedimen yang telah diterapkan dalam berbagai studi, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi yang relevan bagi pengelola waduk maupun pembuat kebijakan dalam rangka menjaga keberlanjutan fungsi waduk di Jawa Tengah.

Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur sistematis (systematic literature review atau SLR) dan analisis studi kasus sekunder untuk memahami pengaruh sedimentasi terhadap kapasitas tampung waduk di Jawa Tengah. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak melibatkan pengumpulan data lapangan primer, melainkan mengandalkan data dan hasil penelitian yang telah dipublikasikan secara ilmiah. Menurut Sugiyono (2022), metode penelitian yang berbasis literatur memungkinkan peneliti menyusun kerangka konseptual yang kuat melalui penelusuran, evaluasi, dan sintesis terhadap berbagai sumber ilmiah yang relevan.

Pendekatan ini dianggap tepat karena dapat memberikan pemahaman mendalam terhadap fenomena penelitian tanpa harus melakukan observasi langsung di lapangan. Selain itu, SLR memberikan kejelasan dalam proses penelusuran dan seleksi literatur sehingga hasilnya dapat dipertanggungjawabkan secara akademik. Snyder (2019) juga menegaskan bahwa tinjauan literatur sistematis merupakan metode yang efektif untuk menggabungkan temuan-temuan empiris dari berbagai penelitian terdahulu ke dalam kerangka analisis baru yang komprehensif dan terstruktur.

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini menelaah berbagai sumber data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah terakreditasi, laporan teknis pemerintah, serta repositori akademik. Fokus kajian diarahkan pada empat waduk utama di Jawa Tengah, yaitu Wadaslintang, Kedungombo, Sempor, dan Mrica. Keempat waduk tersebut dipilih karena memiliki peran penting dalam sistem penyediaan air irigasi, air baku, serta pengendalian banjir, sekaligus menghadapi persoalan sedimentasi yang cukup serius. Data yang digunakan meliputi informasi mengenai kapasitas tampung awal, perkembangan sedimentasi, kondisi daerah tangkapan air, serta estimasi kapasitas terkini berdasarkan hasil penelitian terdahulu. Rentang waktu publikasi yang dianalisis adalah antara tahun 2015 hingga 2025 agar hasil yang diperoleh tetap relevan dengan kondisi terkini. Seluruh literatur yang memenuhi kriteria kemudian dikaji dan dibandingkan untuk menemukan pola umum penurunan kapasitas waduk serta faktor penyebabnya. Analisis dilakukan dengan pendekatan sintesis naratif, yakni menggabungkan hasil penelitian terdahulu ke dalam tema-tema utama yang menjelaskan keterkaitan antara faktor fisik seperti topografi, curah hujan, dan jenis tanah dengan faktor antropogenik seperti perubahan penggunaan lahan dan aktivitas manusia di wilayah hulu. Dengan metode ini, penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang utuh mengenai dampak sedimentasi pada waduk-waduk di Jawa Tengah serta menghasilkan dasar ilmiah yang dapat digunakan dalam perumusan strategi pengelolaan sedimen yang berkelanjutan di masa mendatang.

Hasil

Kondisi Umum Waduk di Jawa Tengah

Waduk-waduk di Jawa Tengah memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga stabilitas sumber daya air dan keseimbangan sosial-ekonomi wilayah. Infrastruktur ini menopang kebutuhan irigasi bagi lahan pertanian yang tersebar luas, sekaligus memenuhi kebutuhan air baku bagi masyarakat dan industri. Pada musim penghujan, keberadaan waduk berfungsi sebagai pengendali banjir dengan menahan limpasan permukaan yang tinggi, sementara pada musim kemarau waduk menjaga kontinuitas suplai air sehingga produktivitas pertanian dan kebutuhan domestik tetap terpenuhi. Selain fungsi-fungsi tersebut, beberapa waduk juga mendukung pembangkit listrik tenaga air skala kecil yang menyediakan energi untuk kebutuhan lokal. Karena fungsinya yang beragam dan saling berhubungan, daya tampung dan kualitas operasi waduk menjadi elemen strategis dalam pembangunan wilayah Jawa Tengah. Gangguan kecil pada kapasitas atau kualitas alirannya dapat berimplikasi luas, mulai dari menurunnya ketersediaan air pertanian hingga meningkatnya risiko banjir di kawasan hilir. Keragaman topografi Jawa Tengah yang terdiri dari dataran rendah, perbukitan, serta daerah pegunungan berpengaruh besar terhadap perilaku hidrologi di wilayah ini. Kondisi lereng yang curam di hulu menyebabkan limpasan permukaan lebih mudah membawa material tanah setiap kali terjadi hujan berintensitas tinggi. Pola aliran dari hulu yang cepat masuk ke sungai-sungai utama menyebabkan waduk di bagian hilir menerima suplai sedimen dalam jumlah besar. Menurut Reseda et al. (2024), karakteristik geomorfologi seperti kemiringan lereng dan kondisi tanah yang mudah tererosi menjadi salah satu penentu utama tingginya akumulasi sedimen di berbagai waduk Indonesia, termasuk yang berada di Jawa Tengah. Studi tersebut menekankan bahwa pengelolaan waduk tidak dapat dipisahkan dari dinamika hulu yang terus berubah akibat aktivitas manusia dan variabilitas iklim. Kondisi seperti inilah yang menjadikan kebutuhan

pemodelan erosi dan sedimentasi sebagai bagian penting dalam memahami pola pendangkalan waduk secara jangka panjang.

Permasalahan sedimentasi semakin nyata ketika ditinjau dari kasus-kasus lokal yang telah diteliti dalam beberapa tahun terakhir. Menurut Budiman (2024), Waduk Sempor memperlihatkan gejala penurunan umur layanan yang cukup signifikan akibat laju pengendapan sedimen yang tinggi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kapasitas efektif waduk menurun lebih cepat dibandingkan perkiraan awal desainnya, sehingga diperlukan pemantauan rutin melalui survei batimetri dan evaluasi teknis yang terjadwal. Sementara itu, penelitian lain oleh Lesmana (2020) yang dilakukan pada sub-DAS Serayu mengungkap bahwa salah satu penyebab utama tingginya beban sedimen pada waduk hilir adalah berkurangnya tutupan vegetasi di daerah hulu. Menurunnya kualitas tutupan lahan menyebabkan tanah lebih rentan terhadap erosi, terutama pada musim hujan ketika debit aliran meningkat. Temuan serupa juga ditunjukkan dalam berbagai laporan teknis pemerintah yang menyatakan bahwa perubahan penggunaan lahan secara intensif, terutama pertanian pada lereng curam, telah mempercepat proses pengangkutan sedimen menuju waduk.

Kajian lain turut memperkuat hasil tersebut. Menurut Rarasati, Suripin, dan Wulandari (2024), perubahan penggunaan lahan dalam dua dekade terakhir memiliki kontribusi signifikan terhadap pemendekan umur layanan beberapa waduk di Jawa yang memiliki kesamaan karakteristik hidrologi dengan waduk-waduk di Jawa Tengah. Studi tersebut menjelaskan bahwa meningkatnya area pertanian lahan kering, penurunan vegetasi hutan, dan intensifikasi pemanfaatan lahan berhubungan langsung dengan meningkatnya erosi permukaan. Temuan mereka sejalan dengan penelitian Saputra (2024) mengenai estimasi laju sedimentasi di Waduk Bener, yang menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan di wilayah hulu berdampak nyata terhadap besarnya sedimen yang masuk ke waduk. Meskipun Waduk Bener masih dalam tahap konstruksi dan operasi bertahap, prediksi laju sedimentasi berdasarkan model SWAT yang dilakukan Saputra menunjukkan bahwa pengaruh aktivitas hulu terhadap kondisi waduk akan semakin besar jika konservasi lahan tidak diperkuat sejak awal.

Dalam konteks yang lebih luas, kondisi umum waduk di Jawa Tengah menunjukkan bahwa persoalan sedimentasi tidak hanya berdampak pada aspek fisik kapasitas tampung, tetapi juga berdampak pada keberlanjutan fungsi waduk secara keseluruhan. Penurunan volume tampungan menyebabkan ruang pengendali banjir menyusut, saluran intake irigasi menjadi lebih rentan terhadap gangguan, dan kualitas operasi pembangkit listrik tenaga air turut menurun. Oleh karena itu, pemahaman terhadap kondisi waduk tidak bisa hanya bertumpu pada pendekatan teknis di lokasi waduk, tetapi harus mencakup pendekatan manajemen daerah tangkapan air secara menyeluruh. Melalui pemahaman yang terintegrasi mengenai kondisi topografi, penggunaan lahan, hidrologi, dan dinamika sosial ekonomi di wilayah hulu, strategi pengelolaan waduk dapat diarahkan secara lebih efektif dan berkelanjutan untuk menjaga kapasitas tampung serta meningkatkan umur layanan waduk-waduk di Jawa Tengah.

Dampak Sedimentasi terhadap Kapasitas Tampung Waduk

Sedimentasi merupakan salah satu faktor utama yang menentukan umur layanan dan efektivitas waduk di Jawa Tengah. Proses ini terjadi ketika material hasil erosi dari daerah tangkapan air (DAS) terbawa oleh aliran sungai menuju tubuh waduk, kemudian mengendap dan mengurangi volume tampung efektifnya. Dalam jangka panjang, akumulasi sedimen mengubah morfologi dasar waduk, menurunkan elevasi muka air efektif, serta mengganggu fungsi operasi hidrolis. Menurut Nasution dan Wulandari (2021), sedimentasi tidak hanya mengurangi kapasitas tampung, tetapi juga berdampak langsung terhadap stabilitas operasi waduk dan kinerja sistem irigasi maupun pembangkit listrik. Dampak yang ditimbulkan bersifat kumulatif, karena sedimentasi memperkecil ruang penyimpanan air sementara kebutuhan air lintas sektor justru terus meningkat. Oleh karena itu, pengaruh sedimentasi tidak dapat dilihat

semata-mata dari aspek fisik, melainkan juga dari sisi efisiensi dan keberlanjutan pengelolaan sumber daya air.

Hasil sintesis dari berbagai studi literatur menunjukkan bahwa setiap waduk di Jawa Tengah memiliki tingkat kerentanan terhadap sedimentasi yang berbeda, bergantung pada karakteristik morfologi DAS, intensitas curah hujan, serta pola penggunaan lahannya. Waduk Kedungombo dan Waduk Sempor merupakan dua contoh yang datanya paling lengkap dan terpublikasi dalam periode 10 tahun terakhir. Nasution dan Wulandari (2021) mencatat bahwa Waduk Kedungombo mengalami penurunan kapasitas tampung yang signifikan akibat peningkatan material sedimen yang berasal dari aktivitas pertanian di hulu dan aliran anak sungainya. Laju sedimentasi yang tinggi ini menyebabkan kapasitas efektif waduk berkurang hingga lebih dari 40 persen dari kondisi awal. Kondisi serupa juga ditemukan pada Waduk Sempor. Budiman (2024) melalui pemodelan erosi berbasis Universal Soil Loss Equation (USLE) dan analisis efisiensi perangkat sedimen menunjukkan bahwa tingkat pengendapan di Sempor tergolong tinggi dan berpotensi memperpendek umur operasional waduk dibandingkan rencana desain awal. Temuan ini menegaskan bahwa tanpa program konservasi DAS dan pengelolaan sedimen yang terencana, waduk-waduk di wilayah selatan Jawa Tengah berisiko mengalami kehilangan kapasitas tampung lebih cepat dari siklus rancangannya.

Berbeda dengan Kedungombo dan Sempor, data kuantitatif terkini mengenai kapasitas Waduk Mrica dan Wadaslintang belum dipublikasikan secara resmi. Namun, sejumlah kajian terbaru menunjukkan indikasi kuat bahwa kedua waduk tersebut juga mengalami penurunan kapasitas akibat sedimentasi yang bersumber dari erosi di hulu. Surya Laksana et al. (2023) melakukan pemetaan laju erosi di DAS Serayu menggunakan citra satelit Sentinel-2 dan model spasial untuk periode 2018–2022. Hasil penelitian tersebut menunjukkan peningkatan laju erosi yang signifikan di beberapa sub-DAS utama, terutama pada lahan-lahan pertanian di lereng terjal yang tidak memiliki vegetasi penutup yang memadai. Peningkatan erosi di DAS Serayu ini berkontribusi langsung terhadap proses pendangkalan di Waduk Mrica, yang terlihat dari pola perubahan elevasi dasar waduk dan akumulasi sedimen di area inlet. Penelitian ini menegaskan bahwa degradasi lahan di hulu menjadi penyebab utama peningkatan beban sedimen yang masuk ke waduk, sehingga walaupun belum tersedia data volume tampung terkini, kecenderungan penurunan kapasitas waduk dapat dipastikan secara kualitatif.

Sementara itu, kondisi Waduk Wadaslintang juga menunjukkan pola serupa. Berdasarkan kajian Siregar (2020), distribusi sedimen di waduk ini tidak merata dan cenderung meningkat di bagian inlet, terutama pada zona pertemuan aliran utama dengan badan waduk. Analisis tersebut diperkuat oleh hasil evaluasi operasional yang dilakukan oleh Pungky Muhamad Yusan (2018), yang meneliti pengaruh sedimentasi terhadap pola operasi waduk untuk pelayanan kebutuhan energi. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa sedimentasi tahunan di Wadaslintang mencapai sekitar 0,2 juta m³ per tahun, yang berimplikasi pada berkurangnya kapasitas efektif waduk dan menurunnya efisiensi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Wadaslintang. Temuan ini memperkuat pemahaman bahwa proses sedimentasi tidak hanya mengancam fungsi irigasi, tetapi juga memengaruhi sektor energi dan pengendalian banjir yang bergantung pada stabilitas kapasitas tampung waduk.

Secara keseluruhan, kecenderungan sedimentasi di keempat waduk besar Jawa Tengah menandakan bahwa pengelolaan waduk harus didasarkan pada pemantauan yang berkelanjutan dan strategi pengendalian sedimen yang komprehensif. Reseda et al. (2024) menegaskan bahwa model prediktif berbasis data hidrologi dan spasial merupakan pendekatan yang efektif untuk mengantisipasi akumulasi sedimen di waduk-waduk eksisting di Indonesia. Pendekatan ini memungkinkan perencanaan operasi dan pemeliharaan waduk secara lebih adaptif terhadap perubahan tata guna lahan dan pola curah hujan. Upaya teknis seperti pengerukan, pembangunan check dam, atau normalisasi sungai memang diperlukan, tetapi keberhasilannya sangat bergantung pada pengendalian erosi di daerah hulu melalui rehabilitasi hutan, penerapan

konservasi tanah dan air, serta penegakan kebijakan tata ruang yang ketat. Dengan demikian, mitigasi sedimentasi tidak bisa hanya dipandang sebagai pekerjaan teknis, melainkan juga bagian dari tata kelola sumber daya air yang terpadu dan berbasis ekosistem. Pendekatan semacam ini sangat penting untuk menjaga kapasitas tampung waduk agar tetap optimal, mendukung ketahanan air, dan menjamin keberlanjutan manfaat ekonomi serta sosial bagi masyarakat Jawa Tengah.

Faktor Penyebab dan Pola Sedimentasi

Sedimentasi pada waduk merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor alamiah dan aktivitas manusia di daerah tangkapan air (DAS). Secara alami, kondisi topografi yang curam, intensitas curah hujan tinggi, serta karakteristik tanah yang mudah tererosi merupakan kombinasi utama yang menentukan besarnya material sedimen yang terbawa menuju waduk. Menurut Harjadi (2021), di daerah tangkapan air Waduk Mrica di Banjarnegara, banyak dijumpai lereng dengan tingkat kemiringan curam dan laju erosi yang tergolong berat, mencapai lebih dari 100 ton per hektar per tahun. Hal ini menyebabkan tingginya potensi pengangkutan sedimen ke arah waduk. Senada dengan itu, penelitian Fajriyah et al. (2023) di wilayah Jawa Tengah menunjukkan bahwa pada daerah dengan kemiringan lereng lebih dari 15 derajat dan minim tutupan vegetasi, curah hujan intensitas tinggi secara signifikan meningkatkan pelepasan partikel tanah ke aliran permukaan. Faktor-faktor ini bersifat alami, namun dampaknya menjadi jauh lebih besar ketika diperparah oleh aktivitas manusia seperti alih fungsi lahan, pembukaan hutan, dan sistem pertanian di lahan miring tanpa penerapan konservasi vegetatif yang memadai.

Dari sisi antropogenik, perubahan penggunaan lahan menjadi penyebab dominan yang mempercepat proses sedimentasi di waduk. Kajian oleh Surya Laksana et al. (2023) di DAS Serayu menunjukkan bahwa peningkatan lahan pertanian dan pemukiman di lereng curam memiliki hubungan langsung dengan peningkatan laju erosi serta pendangkalan di Waduk Mrica. Sementara itu, Siregar (2020) dalam studinya di Waduk Wadaslintang menemukan bahwa penurunan tutupan vegetasi di daerah hulu menyebabkan peningkatan laju sedimen masuk lebih dari dua kali lipat dibandingkan kondisi dengan tutupan hutan alami. Pola tersebut menegaskan bahwa konversi hutan menjadi lahan pertanian berimplikasi langsung terhadap kapasitas tampung waduk. Selain itu, aktivitas penambangan galian C di bagian hulu sungai juga memperparah kondisi ini dengan meningkatkan ketidakstabilan tanah dan suplai sedimen yang lepas ke aliran sungai. Basuki et al. (2022) menyebut fenomena ini sebagai *anthropogenic sediment acceleration*, yaitu peningkatan beban sedimen akibat intervensi manusia yang melampaui kemampuan alami DAS dalam menahan erosi.

Pola distribusi sedimen di dalam waduk tidak seragam dan sangat bergantung pada bentuk morfologi waduk, arah dan kecepatan aliran masuk, serta efisiensi perangkap sedimen. Waduk dengan bentuk memanjang seperti Kedungombo dan Wadaslintang memiliki zona pengendapan dominan di bagian hulu waduk (*inlet zone*), sedangkan waduk yang lebih melebar seperti Sempor memperlihatkan sebaran sedimen yang lebih merata. Budiman (2024) menjelaskan bahwa pada Waduk Sempor, material berukuran kasar biasanya mengendap di zona awal waduk, sementara partikel halus yang tersuspensi dapat terbawa hingga area tengah waduk, sehingga menurunkan kedalaman efektif dan memperkecil volume tampungan aktif. Pola serupa juga ditemukan di Waduk Kedungombo, di mana tingginya tingkat erosi sub-DAS hulu mempercepat akumulasi sedimen di zona transisi waduk. Hal ini menunjukkan bahwa variasi bentuk waduk dan pola aliran masuk perlu diperhitungkan dalam perencanaan model prediksi sedimentasi agar strategi pengelolaan dapat disusun lebih akurat dan efisien.

Selain pengaruh geomorfologi dan penggunaan lahan, kondisi vegetasi di hulu DAS juga memiliki peran penting dalam menentukan laju sedimentasi. Menurut Ciawi et al. (2023), vegetasi berakar dalam seperti *vetiver grass* memiliki kemampuan tinggi dalam memperkuat

struktur tanah dan menahan limpasan permukaan, sehingga efektif mengurangi erosi pada lahan miring. Kehilangan vegetasi alami mengakibatkan energi kinetik hujan langsung menghantam permukaan tanah, menyebabkan partikel tanah lebih mudah terlepas dan terbawa ke aliran sungai. Fenomena tersebut tampak nyata di DAS Mrica dan Wadaslintang, di mana pembukaan lahan pertanian tanpa konservasi vegetatif mempercepat pembentukan alur erosi dan memperbanyak suplai material sedimen ke waduk. Selain faktor vegetasi, curah hujan ekstrem akibat perubahan iklim juga berkontribusi besar terhadap peningkatan beban sedimen musiman. Reseda et al. (2024) mencatat bahwa meningkatnya variabilitas curah hujan tahunan di Jawa Tengah mendorong frekuensi kejadian limpasan besar yang mempercepat pengendapan di waduk.

Secara keseluruhan, faktor penyebab dan pola sedimentasi pada waduk di Jawa Tengah merupakan hasil gabungan dari kondisi alami, tekanan aktivitas manusia, dan dinamika iklim yang saling memperkuat. Setiap waduk memiliki karakteristik unik, namun kesamaan mendasarnya terletak pada hubungan erat antara kondisi daerah hulu dan tingkat pendangkalan waduk. Oleh karena itu, pemahaman terhadap faktor penyebab ini menjadi dasar penting bagi perumusan kebijakan dan strategi pengelolaan sedimen yang adaptif dan berkelanjutan, sebagaimana akan dibahas lebih lanjut pada bagian berikutnya.

Strategi Pengelolaan Sedimen dan Konservasi Daerah Aliran Sungai (DAS)

Upaya pengelolaan sedimen pada waduk-waduk di Jawa Tengah perlu dipahami sebagai bagian dari sistem pengelolaan daerah tangkapan air (DAS) yang menyeluruh dan terintegrasi. Pengendalian sedimen tidak cukup dilakukan melalui intervensi teknis di waduk semata, melainkan harus melibatkan pemulihan kondisi ekologis dan sosial di wilayah hulu. Menurut Waluyo et al. (2024), efektivitas pengelolaan sedimen bergantung pada integrasi antara konservasi lahan di daerah tangkapan dan operasi teknis waduk di hilir. Kajian mereka pada Waduk Mrica menunjukkan bahwa pengerukan (*dredging*) hanya bersifat sementara karena sedimentasi akan kembali terjadi jika proses erosi di hulu tidak dikendalikan. Oleh sebab itu, kebijakan pengelolaan waduk modern diarahkan pada *integrated sediment management*, yakni sistem pengelolaan terpadu yang menggabungkan upaya konservasi, rekayasa teknik, dan tata kelola kelembagaan secara simultan.

Pendekatan konservasi tanah dan air di hulu merupakan kunci utama dalam menekan laju sedimentasi. Pada DAS dengan tingkat erosi tinggi seperti Wadaslintang dan Serayu, penerapan vegetasi konservatif, sistem terasering, serta check dam mikro di saluran-saluran kecil terbukti mampu menurunkan volume sedimen masuk secara signifikan. Studi Ciawi et al. (2023) memperlihatkan bahwa vegetasi berakar dalam seperti *vetiver grass* dapat meningkatkan stabilitas tanah dan mengurangi laju erosi di lahan miring hingga lebih dari 40%. Sistem akar yang kuat berfungsi menahan partikel tanah agar tidak mudah terbawa air hujan, sementara vegetasi penutup tanah membantu meredam energi tumbukan air hujan terhadap permukaan tanah. Pendekatan biologis ini bersifat berkelanjutan, ramah lingkungan, dan dapat dikombinasikan dengan sistem agroforestri yang memberi manfaat ekonomi bagi masyarakat lokal. Dari sisi kebijakan, strategi ini sejalan dengan Rencana Aksi Nasional Rehabilitasi DAS yang menekankan keterlibatan masyarakat dalam upaya konservasi hulu.

Selain pendekatan vegetatif, pengendalian sedimen juga dilakukan melalui strategi rekayasa teknik di waduk. Salah satu metode yang masih banyak diterapkan adalah pengerukan selektif (*selective dredging*) di area intake dan zona aliran utama waduk. Waluyo et al. (2024) mencatat bahwa pada Waduk Mrica, program pengerukan terencana berhasil meningkatkan kapasitas tampung efektif secara bertahap, meskipun biaya operasionalnya cukup tinggi. Pendekatan ini umumnya dikombinasikan dengan pembangunan sediment trap di sungai masuk, yang berfungsi menahan material kasar agar tidak langsung memasuki badan waduk. Di beberapa waduk besar di Jawa Tengah seperti Kedungombo dan Wadaslintang, strategi

serupa juga mulai diterapkan dengan dukungan studi hidrosedimentasi oleh BBWS setempat. Hasilnya menunjukkan penurunan volume sedimen masuk ke waduk dan peningkatan efisiensi pemeliharaan. Namun demikian, efektivitas teknik ini memerlukan pemantauan berkala agar distribusi sedimen di dasar waduk dapat dipetakan secara akurat dan tindakan teknis dapat disesuaikan dengan dinamika hidrologi tahunan.

Tantangan yang muncul tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga kelembagaan. Pengelolaan sedimen di Jawa Tengah melibatkan banyak pihak, mulai dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS), pemerintah daerah, hingga kelompok masyarakat hulu. Basuki et al. (2022) menekankan bahwa sebagian besar program konservasi DAS di Indonesia masih bersifat sektoral, dengan koordinasi antarinstansi yang belum optimal. Akibatnya, kebijakan di tingkat daerah dan pusat sering berjalan secara terpisah dan tanpa sinkronisasi. Reseda et al. (2024) menambahkan bahwa perlunya national sediment management protocol menjadi hal mendesak, agar terdapat standar nasional dalam pemantauan sedimen, indikator keberhasilan, dan pembagian tanggung jawab kelembagaan yang jelas. Kelembagaan yang kuat dan koordinatif diperlukan untuk memastikan bahwa kebijakan konservasi dan operasional waduk berjalan sejalan dan berorientasi jangka panjang, bukan sekadar program tahunan.

Selain faktor kelembagaan, aspek perubahan iklim juga harus dimasukkan ke dalam strategi pengelolaan sedimen jangka panjang. Variabilitas curah hujan ekstrem di wilayah tropis seperti Jawa Tengah dapat mempercepat proses erosi dan memperpendek umur operasional waduk. Menurut Basuki et al. (2022), peningkatan frekuensi hujan dengan intensitas tinggi memperbesar risiko limpasan permukaan yang membawa sedimen dalam volume besar menuju waduk. Oleh karena itu, perencanaan pengelolaan sedimen perlu mengadopsi pendekatan adaptif berbasis data spasial. Teknologi penginderaan jauh (remote sensing) dan sistem informasi geografis (GIS) kini digunakan secara luas untuk memantau perubahan tutupan lahan, memetakan daerah dengan potensi erosi tinggi, dan memperkirakan volume sedimen yang terakumulasi secara periodik. Penggunaan data spasial ini membantu pengelola waduk dalam merancang program konservasi yang lebih terarah dan efisien, termasuk penentuan lokasi prioritas untuk rehabilitasi hulu dan pengerukan di hilir.

Keberhasilan pengelolaan sedimen pada akhirnya sangat bergantung pada partisipasi masyarakat di wilayah hulu. Berbagai studi menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat dalam rehabilitasi lahan dan konservasi tanah menghasilkan dampak yang lebih berkelanjutan dibandingkan program yang hanya bersifat top-down. Model partisipatif seperti community-based watershed management memungkinkan masyarakat terlibat langsung dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pemantauan kegiatan konservasi. Melalui pendekatan ini, kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga tutupan vegetasi dan pola tanam berkelanjutan meningkat, yang pada gilirannya membantu menekan laju erosi. Insentif ekonomi seperti pemberdayaan kelompok tani hutan atau program payment for environmental services (PES) dapat digunakan untuk memperkuat partisipasi tersebut. Pendekatan kolaboratif antara masyarakat, pemerintah daerah, dan BBWS terbukti menjadi kunci dalam menciptakan keberlanjutan pengelolaan sedimen di tingkat lokal.

Dengan mempertimbangkan berbagai aspek tersebut, strategi pengelolaan sedimen dan konservasi DAS di Jawa Tengah seharusnya dirancang secara integratif, adaptif, dan kolaboratif. Pengendalian sedimentasi tidak cukup dilakukan melalui satu pendekatan tunggal. Kombinasi antara konservasi vegetatif, rekayasa teknik, penguatan kelembagaan, serta partisipasi masyarakat menjadi kunci keberhasilan jangka panjang. Pendekatan ini tidak hanya menjaga kapasitas tampung waduk tetap optimal, tetapi juga mendukung keberlanjutan fungsi waduk sebagai sumber irigasi, air baku, dan pengendali banjir. Dalam konteks yang lebih luas, pengelolaan sedimen yang efektif berkontribusi langsung terhadap ketahanan air dan stabilitas ekonomi di wilayah Jawa Tengah.

Kesimpulan

Hasil kajian menunjukkan bahwa waduk-waduk utama di Jawa Tengah seperti Wadaslintang, Kedungombo, Sempor, dan Mrica mengalami penurunan kapasitas tampung yang cukup signifikan akibat proses sedimentasi yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Berdasarkan sintesis literatur, besarnya kehilangan kapasitas tampung di beberapa waduk berkisar antara 15 hingga 40 persen dibandingkan kondisi awal operasionalnya. Angka ini menggambarkan tekanan nyata terhadap kemampuan waduk dalam menampung air dan menjalankan fungsi pengendalian banjir, irigasi, serta penyediaan air baku. Faktor utama penyebab sedimentasi meliputi erosi dari daerah tangkapan air yang memiliki topografi curam, curah hujan tinggi, dan perubahan penggunaan lahan menjadi pertanian intensif tanpa konservasi tanah yang memadai. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan laju aliran permukaan dan transportasi sedimen yang akhirnya terendapkan di dasar waduk.

Kajian ini juga menemukan bahwa penurunan kapasitas tampung berbanding lurus dengan penurunan umur guna waduk. Hasil studi terdahulu memperlihatkan bahwa beberapa waduk di Jawa Tengah berpotensi kehilangan hingga 1-2 persen kapasitas efektif per tahun, tergantung pada kondisi hidrologi dan efektivitas pengelolaan sedimen. Hal ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan pengerukan dan biaya operasional waduk, terutama di waduk besar seperti Kedungombo dan Mrica. Selain dampak fisik, fenomena sedimentasi juga berpengaruh terhadap aspek sosial dan kelembagaan, misalnya penurunan produktivitas pertanian akibat keterbatasan pasokan air irigasi serta perlunya koordinasi lintas sektor dalam pengelolaan daerah tangkapan air. Oleh karena itu, sedimentasi harus dipahami sebagai permasalahan multidimensi yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga berakar pada pengelolaan tata guna lahan dan kebijakan pembangunan wilayah hulu.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pengelolaan waduk di Jawa Tengah membutuhkan pendekatan terintegrasi yang menggabungkan aspek teknis, ekologis, dan kelembagaan. Upaya konservasi di wilayah hulu memiliki dampak yang lebih signifikan dalam jangka panjang dibandingkan tindakan pengerukan di waduk semata. Pendekatan berbasis data ilmiah dan model hidrosedimentasi dapat menjadi dasar dalam perencanaan jangka panjang pengelolaan sedimen, termasuk perhitungan kapasitas tampung ideal, proyeksi umur guna, serta evaluasi efektivitas kebijakan konservasi. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengambil kebijakan, lembaga pengelola sumber daya air, serta akademisi dalam merumuskan strategi pengelolaan waduk yang lebih adaptif terhadap dinamika lingkungan dan perubahan iklim di masa mendatang.

Saran

Untuk menjaga keberlanjutan fungsi waduk di Jawa Tengah, diperlukan langkah-langkah strategis dan terukur. Pertama, pemantauan periodik kapasitas tampung harus dilakukan menggunakan metode batimetri atau teknologi penginderaan jauh untuk mengetahui tren sedimentasi secara berkala. Kedua, pengelolaan sedimen berbasis daerah aliran sungai (DAS) perlu diperkuat dengan menerapkan teknik konservasi tanah dan air di hulu, seperti reboisasi, terasering, dan vegetasi penutup lahan pada area kritis. Ketiga, integrasi kebijakan lintas sektor antara instansi pengelola waduk, pemerintah daerah, dan masyarakat hulu sangat diperlukan agar upaya rehabilitasi lahan dan pengendalian erosi dapat berjalan serempak dan berkelanjutan.

Selain itu, diperlukan penelitian lanjutan berbasis pemodelan spasial dan hidrologi untuk memperkirakan dampak jangka panjang sedimentasi terhadap kapasitas waduk serta mengevaluasi efektivitas berbagai skenario pengelolaan sedimen. Program pemberdayaan masyarakat juga penting dikembangkan agar penduduk di wilayah hulu memiliki peran aktif dalam menjaga kelestarian lahan melalui kegiatan ekonomi produktif berbasis konservasi. Dengan menggabungkan pendekatan teknis, kebijakan, dan partisipatif, waduk-waduk di Jawa

Tengah dapat dikelola secara lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan guna mendukung ketahanan air dan pangan di masa depan.

Daftar Pustaka

- Basuki, T. M., Nugroho, H. Y. S. H., Indrajaya, Y., Pramono, I. B., Nugroho, N. P., Supangat, A. B., ... & Simarmata, D. P. (2022). Improvement of integrated watershed management in Indonesia for mitigation and adaptation to climate change: A review. *Sustainability*, 14(16), 9997.
- BBWS Serayu Opak. (2023). Laporan Tahunan BBWS Serayu Opak 2022. Kementerian PUPR.
- Budiman, S., & Suprayogi, S. (2024). Estimating the useful life of the sempor reservoir using erosion modelling. *Quaestiones Geographicae*, 43(1), 63-78.
- Ciawi, Y., Hidayati, A. M., Kedaton, K. H., & Tonyes, S. G. (2023). Exploring The Mechanism Of Vetiver System For Slope Reinforcement On Diverse Soil Types—A Review. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 8(2), 123-130.
- Fajriyah, A. N., Laksono, G. E., Riyanto, E. A., Ningrum, A. M., & Firmansyah, F. (2025). Integrating USLE and GIS Techniques For Soil Erosion Hazard Mapping In Ijo Watershed. *Applied Environmental Sustainability and Technology*, 1(1), 1-12.
- Fitriana, I. R., Legono, D., & Waluyadi, H. (2021). analisa rezim sedimentasi waduk studi kasus: waduk kedungombo dan waduk sermo. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(1), 80-87.
- Harjadi, B. (2021). Erosion analysis in the Mrica Reservoir catchment area in Indonesia using the soil erosion status method. In *Forum Geografi* (Vol. 35, No. 2, pp. 116-129).
- Laksana, M. R. D. S., Azzuhdi, M. R., Hadi, F., & Qoyimah, S. (2024). Pemetaan Laju Erosi Daerah Aliran Sungai Serayu Terhadap Pendangkalan Waduk Mrica Tahun 2018-2022 Berbasis Citra Satelit Sentinel-2. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 7(2), 133-144.
- Lesmana, S. B. (2020). Kajian erosi pada sub DAS Serayu sebagai daerah tangkapan air Waduk Mrica. *Semesta Teknika*, 23(2), 182-186.
- Putri, A. S. Y. (2025). Kaji Ulang Neraca Air Waduk Sempor Kabupaten Kebumen berba Analisis Model Soil Water Assessment Tool (SWAT).
- Nasution, I., & Wulandari, D. A. (2021). Dinamika Sedimentasi Waduk Kedungombo Kabupaten Grobogan Provinsi Jawa Tengah. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 106-118.
- Rarasati, I. D., Suripin, S., Wulandari, D. A., & Taruna, D. A. (2025). The Impact of Land Use Changes on The Service Life of Wlingi Reservoir. *Eduvest-Journal of Universal Studies*, 5(1), 682-695.
- Reseda, A., Sutjiningsih, D., & Moersidik, S. S. (2024). Development of Protocol for Reservoir Sedimentation Prediction in Indonesia. *International Journal of Technology*, 15(4).
- Saputra, F. R., & Christanto, N. (2024). Estimasi Laju Sedimentasi dan Prediksi Umur Layanan Waduk Bener Jawa Tengah Menggunakan Model SWAT.
- Siregar, D. A. M. (2020). Kajian Distribusi Sedimentasi Waduk Wadaslintang dengan Metode Pengurangan Luas. Tesis, Universitas Gadjah Mada.
- Sugiyono. (2022). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (Edisi Terbaru). Bandung: Alfabeta.
- Snyder, H. (2019). Literature Review as a Research Method: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Waluyo, G., Laksono, F. A. T., Zaenurrohman, J. A., Mishra, M., Piranti, A. S., & Kovács, J. (2024). Sediment dredging assessment of the Mrica Banjarnegara hydroelectric

reservoir based on technical and economic aspects. *Lake and Reservoir Management*, 40(2), 145-158.

Yusan, P. M., & Putri, N. M. (2018). Evaluasi Pengaruh Sedimentasi terhadap Pola Operasi Waduk Wadaslintang untuk Pelayanan Kebutuhan Energi.

Informasi tentang penulis:

Bina Arumbinang Wajdi: binaarum@untidar.ac.id, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

Ety Fitriyani: etyfitriyani@untidar.ac.id, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

Hufa Istikomah: histikomah@untidar.ac.id, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

Abdul Fida Ismail: abul.fida@untidar.ac.id, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

Cite this asticle as: Wjadi, Bina Arumbinang. Et al. (2025). Analisis Dampak Sedimentasi Terhadap Kapasitas Tampung Waduk di Jawa Tengah. *Jurnal Jembatan Efektivitas Ilmu Dan Akhlak Ahlussunah Wal Jama'ah*, 6(3). 575-586.
<https://doi.org/10.52188/jendelaaswaja.v6i3.1753>