

Model Simulasi ArcSWAT dalam Memprediksi Dampak Sedimentasi terhadap Ketahanan dan Umur Waduk Jatibarang, Semarang

Andreas Hudisasmoko¹, Suharyanto², Suprapto³, Maria Wahyuni⁴

¹.Konsultan Teknik Hilmy Anugerah, Semarang

².Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

³.Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

⁴.Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranoto, Semarang

*Email : andreashudisasmoko70@gmail.com

Abstract

Using the ArcSWAT model, the aim of this study is to determine the correlation between land use and sedimentation rate and age in the Jatibarang Reservoir. Erosion, surface runoff, and sedimentation were predicted using land use change scenarios from 1999 to 2020. The results show that SWAT modeling with a Nash-Sutcliffe efficiency of 0.9406 and a determination coefficient of 0.964 is adequate for predicting sedimentation in the Jatibarang Reservoir due to the conversion of forest land to water bodies and settlements in the Kreo Sub-Watershed. As a result of this prediction, the Jatibarang Reservoir is expected to be depleted earlier than planned in 2035—twenty years after its opening. Sedimentation caused by land use changes significantly shortens the lifespan of the reservoir, reducing it from the planned fifty years to twenty years. This study provides important recommendations for watershed conservation planning upstream of the Jatibarang Reservoir. The purpose of these recommendations is to extend the useful life of the reservoir and ensure that the reservoir's functions can be maintained for future water supply.

Keywords: *Land Use Change, Conservation, Catchment area, ArcSWAT, Sedimentation, Reservoir Lifetime*

Abstrak

Dengan menggunakan model ArcSWAT, penelitian ini dilakukan untuk menentukan keterkaitan antara pemanfaatan lahan terhadap tingkat sedimentasi dan usia pelayanan di Waduk Jatibarang. Erosi, limpasan permukaan, dan sedimentasi diprediksi dengan menggunakan skenario perubahan lahan dari tahun 1999 hingga 2020. Hasil menunjukkan bahwa permodelan SWAT dengan efisiensi Nash-Sutcliffe 0,9406 dan koefisien determinasi 0,964 memadai untuk memprediksi sedimentasi Waduk Jatibarang karena pergeseran area perhutanan menjadi area permukiman dan badan air di Sub DAS Kreo. Sebagai hasil dari ramalan ini, Waduk Jatibarang diperkirakan akan tidak berfungsi lebih awal dibandingkan dengan waktu yang direncanakan pada tahun 2035—dua puluh tahun setelah dibuka. Sedimentasi yang disebabkan oleh peralihan fungsi lahan akan mengurangi usia layanan waduk secara signifikan, turun dari yang direncanakan semala lima puluh tahun menjadi dua puluh tahun. Saran dan rekomendasi untuk perencanaan konservasi DAS di hulu Waduk Jatibarang merupakan salah satu hasil dari penelitian ini. Tujuan dari rekomendasi ini adalah untuk memperpanjang usia manfaat waduk dan memastikan bahwa fungsi waduk dapat dipertahankan untuk menjamin ketersediaan air.

Kata kunci: *Peralihan Fungsi Lahan, Konservasi, DAS, Arcswat, Sedimentasi, Usia Layan Waduk*

PENDAHULUAN

Setiap manusia harus memiliki air. Sebagai salah satu struktur dengan tampungan air yang paling besar, waduk bertanggung jawab untuk menyediakan sumber daya air bagi masyarakat. Waduk memiliki fungsi dalam penyediaan air irigasi, air bersih, air baku, dan pengendalian banjir. Selain fungsi tersebut, waduk juga berperan dalam membantu pertumbuhan ekonomi dan sosial. Waduk Selopamioro yang terletak di Bantul, termasuk dalam kategori waduk kecil, waduk ini mampu mensuplai air irigasi dan kebutuhan air bersih rumah tangga, dengan keandalan yang beragam (Astuti & Satriyo, 2022). Sebagian kecil dari kebutuhan air bersih kota Balikpapan dipenuhi oleh Waduk Teritip (Kamarati et al., 2023). Keuntungan dari keberadaan waduk terlihat pada Waduk Aracoiba di Brasil yang mampu menyelesaikan permasalahan kekurangan air baku dan meningkatkan kegiatan ekonomi (Ribeiro et al., 2022).

Keadaan daerah aliran sungai (DAS) sangat krusial dalam menjamin keberlanjutan sumber air. Kerusakan DAS makin besar karena peningkatan kebutuhan lahan yang sebanding dengan pertambahan populasi penduduk di Indonesia. Laju erosi meningkat dan infiltrasi air tanah berkurang di DAS, yang berdampak pada sedimentasi Waduk (Puspitasari et al., 2023; Putra et al., 2024; Rachmatullah et al., 2024). Seperti yang ditunjukkan oleh beberapa penelitian, tingginya sedimentasi merupakan permasalahan pada banyak waduk di Indonesia, yang pada gilirannya berdampak pada penurunan usia waduk. Pendekatan *Empirical Area Reduction Method* yang dilakukan dalam penelitian Damayanti et al. (2022), mendapatkan bahwa setelah beroperasi selama 50 tahun, Waduk Sepaku Semoi mengalami penurunan kapasitas tampungan menjadi 3,77 ribu meter kubik dengan total laju sedimen yang masuk sebesar 7,69 ribu meter kubik. Studi yang dilakukan oleh Hermawan (2019)

menunjukkan dalam 100 tahun Waduk Gajah Mungkur beroperasi, dengan kapasitas awal 120 juta meter kubik dengan masa layan 100 tahun, total volume sedimen yang telah diendapkan adalah sebesar 52,767 juta meter kubik dalam durasi operasional 34 tahun. Dengan laju sedimentasi 3,25 juta meter kubik setiap tahunnya, usia layanan dan usia guna waduk Gajah Mungkur diprediksi akan berakhir 21 tahun lagi. Peningkatan sedimen di Waduk Wonorejo yang terletak di Tulungagung, mencapai 17,627% dari kapasitas totalnya. Selain itu, usia waduk diperkirakan akan berkurang hingga lima puluh tahun lagi (Teguh & Marginia, 2022). Kondisi serupa juga ditemui di Kota Malang, Waduk Selorejo, sehingga penurunan usia layanan untuk waduk mencapai 25 tahun (Varadilla et al., 2020).

Meskipun waduk Jatibarang masih tergolong waduk baru, sudah menghadapi bahaya yang sama. Laju sedimentasi dapat meningkat jika tata guna lahan di Sub DASKreo diubah, sehingga memungkinkan usia waduk menjadi lebih pendek. Data Dukcapil tahun 2021 menunjukkan jumlah populasi penduduk di Provinsi Jawa Tengah adalah sebesar 37,23 juta jiwa dan terjadinya peningkatan penggunaan lahan. Kondisi tersebut memicu terjadinya perubahan fungsi lahan yang memicu pula erosi dan sedimentasi sungai, termasuk DAS Kreo. Sedimentasi yang terjadi seiring berjalannya waktu memberikan dampak nyata secara langsung pada kemampuan tampung waduk saat ini, hal serupa terjadi juga pada Waduk Jatibarang di Kota Semarang. Studi pada area di sekitar DAS Kreo yang secara lebih spesifik berada di dekat area Waduk Serbaguna Jatibarang, pada rentang tahun 1999–2020 terjadi alih fungsi lahan untuk pembangunan lahan perairan. Sejak tahun 2005, 98,5 ha hutan terjadi alih fungsi untuk hal tersebut (Hudisasmoko et al., 2023). Hal tersebut dapat mempengaruhi kecepatan pengendapan material terangkut (sedimen)

pada Waduk Jatibarang. Kondisi ini memiliki potensi memperpendek usia layanan Waduk Serbaguna Jatibarang, Semarang

Sistem Informasi Geografis (SIG) dan model Tool Evaluasi Soil dan Air (SWAT) telah banyak digunakan untuk memprediksi bagaimana perubahan tata guna lahan memengaruhi tingkat pengedapan dan pendangkalan waduk. Dalam penelitiannya Abbaspour et al. (2015) menunjukkan bahwa untuk memodelkan hubungan antara perubahan lahan dan sedimentasi, model SWAT cukup akurat untuk memprediksi erosi dan transportasi sedimen, terutama pada DAS yang mengalami perubahan signifikan dalam peralihan fungsi lahan. Pentingnya vegetasi menjadi poin penting yang ditekankan oleh Juwono dan Subagiyo (2018) dalam penelitiannya, dalam rangka mengurangi debit aliran permukaan dan longsor permukaan, serta kondisi vegetasi pada hulu DAS dapat mereduksi laju sedimentasi secara signifikan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi keterkaitan antara peralihan fungsi lahan dan laju sedimentasi di Waduk Serbaguna Jatibarang yang terletak di Kota Semarang. Sebagai pelengkap di dalam penelitian ini dilakukan analisis untuk menganalisis usia guna dan usia layanan waduk dengan menggunakan trendline atau kecenderungan pengendapan yang dianalisis dengan menggunakan software pemodelan ArcSWAT.

Pada penelitian ini, pendekatan peralihan fungsi lahan digunakan Sub DAS Kreo pada rentang tahun 1999 - 2020, serta bagaimana hal itu berdampak pada kecepatan pengisian sagregat terlarut pada Waduk Serbaguna Jatibarang. Pendekatan ini dilakukan dengan pemodelan Sistem Informasi Geospasial dan SWAT. Sebagai parameter analisis usia waduk Jatibarang ditentukan berdasarkan perubahan tata guna lahan pada daerah tangkapan airnya.

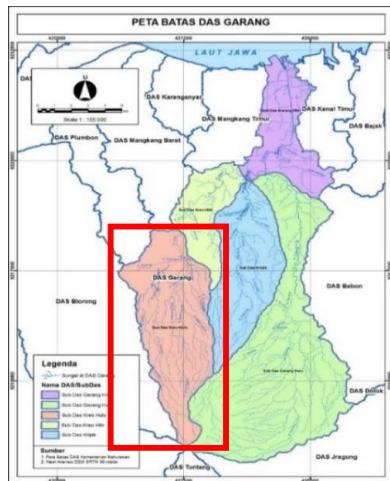
Kebaruan penelitian ini terletak pada masalah khusus Waduk Jatibarang dengan menggunakan metode berbasis model yang terintegrasi. Diharapkan penelitian ini dapat menyajikan bukti yang kuat dan akurat sebagai bahan pertimbangan dalam intervensi rekomendasi pelaksanaan konservasi yang diperlukan di Sub DAS Kreo. Sehingga waduk dapat bertahan lebih lama. Selain itu, penelitian ini memberikan rekomendasi yang berdasarkan data akurat dalam rangka pengelolaan dan konservasi DAS yang lebih sesuai di masa yang akan datang.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, pendekatan observatif kuantitatif digunakan untuk mengevaluasi dampak perubahan fungsi lahan terhadap kemungkinan sedimentasi pada waduk. Analisis dilakukan dengan menggunakan seri data waktu dari tahun 1999 - 2020. Kondisi tutupan lahan dimodelkan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan software tambahan untuk kondisi tutupan lahan *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT). Selanjutnya analisis penentuan total sedimentasi yang terjadi dan penentuan usia layanan waduk dilakukan menggunakan model ArcSWAT.

Lokasi penelitian adalah Waduk Jatibarang secara khusus terletak pada Daerah Tangkapan Air Waduk Serbaguna Jatibarang. Lokasi hidrologinya terletak di Sungai Kreo, yang merupakan bagian dari sub-sistem Daerah Aliran Sungai Garang, dan lokasi administratifnya adalah Kecamatan Gunung Pati dan Kecamatan Mijen, Kota Semarang (Gambar 1).

Sampel Penelitian



Gambar 1

Peta Lokasi Studi Sub-Daerah Aliran Sungai Kreo

Sumber: BBWS Pemali Juana, 2021

Kondisi fungsi lahan, kondisi tutupan lahan, data hidrologi, data debit air, dan juga data pengisian agregat terlarut yang terjadi diperoleh dari sumber terpercaya untuk data yang dianalisis. Data hidrologi yang meliputi curah hujan diperoleh dari BBWS Pemali Juana dan data spasial dari citra satelit yang lengkap dan akurat.

Bahan dan Alat

Kecenderungan perubahan dan peralihan fungsi lahan dibentuk dengan menggunakan data tahun 1995 sampai data tahun 2020 yang diperoleh dari studi terdahulu (Hudisasmoko et al., 2023). Data-data diperoleh dari berbagai sumber yaitu data debit sungai dan curah hujan dari BMKG Semarang, sedangkan data sedimentasi diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan, serta data aliran air yang mengalir masuk ke dalam Waduk Serbaguna Jatibarang diperoleh dari BBWS Pemali Juana, Semarang.

Analisis erosi dan sedimentasi mengacu pada skenario alih fungsi lahan menggunakan software ArcGIS 10.4 dengan menggunakan tambahan tautan ArcSWAT, 3D Analyst, dan Spatial

Analyst. Parameter lingkungan yang digunakan dalam analisis, seperti data hidrologi dan klimatologi, data jenis tanah, dan morfologi dimasukkan ke dalam software pemodelan SWAT untuk mengatur eksperimen ini.

Analisis Data

Analisis korelasi antara perubahan penggunaan lahan dan laju sedimentasi digunakan untuk melakukan uji statistik untuk menentukan usia Waduk Jatibarang. Metode Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) digunakan untuk menguji validitas model untuk mengetahui seberapa akurat prediksi model terhadap data pengamatan.

$$NSE = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Obs,i} - Q_{Cal,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{Obs,i} - \bar{Q}_{Cal,i})^2} \right)$$

Untuk menguji kesesuaian model yang diperoleh dan memvalidasi bahwa hasil yang diperoleh dapat direplikasi, data simulasi SWAT dibandingkan dengan data lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

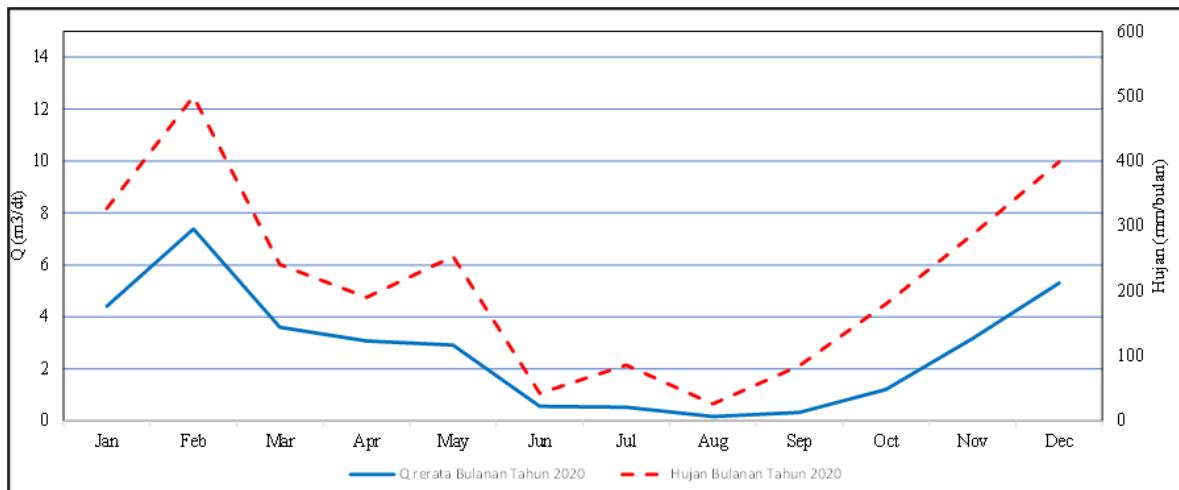
Permodelan SWAT dapat digunakan untuk melakukan simulasi hidrologi secara harian, bulanan, atau tahunan. Selain itu, dapat digunakan untuk memprediksi dampak jangka panjang penggunaan lahan terhadap sedimentasi pada DAS.

Simulasi SWAT dilakukan dalam tujuh periode kondisi tutupan lahan (Tabel 1). Gambar 2 menyajikan hasil pemodelan ArcSwat Pemodelan Korelasi debit rerata dengan curah hujan bulanan.

Tabel 1
Periode Kondisi Tutupan Lahan

Tahun Tutupan Lahan	Periode Tahun Simulasi	
	1 Januari	31 Desember
1999	2000	2022
2003	2003	2006

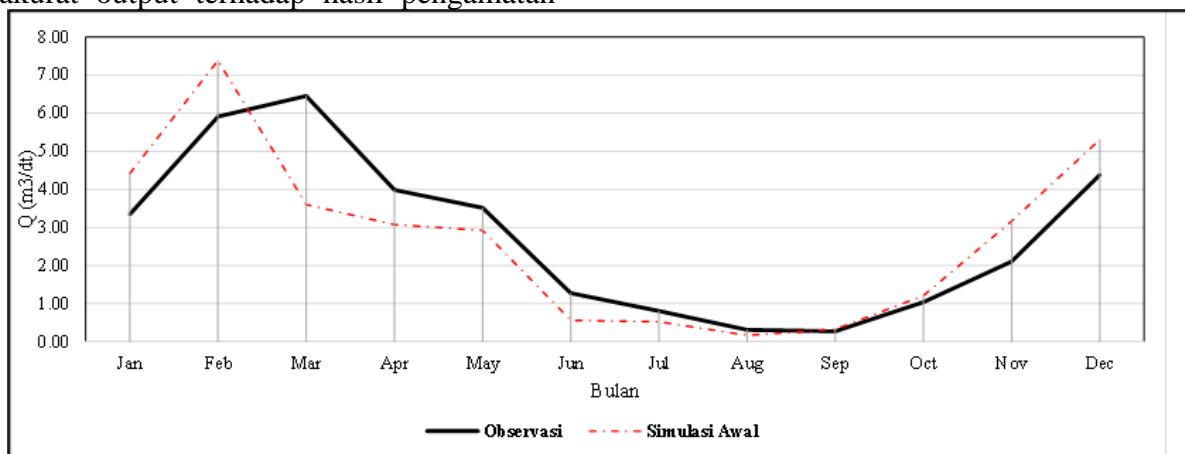
2010	2007	2011	2018	2018	2019
2013	2012	2013	2020	2020	2021
2015	2015	2017			

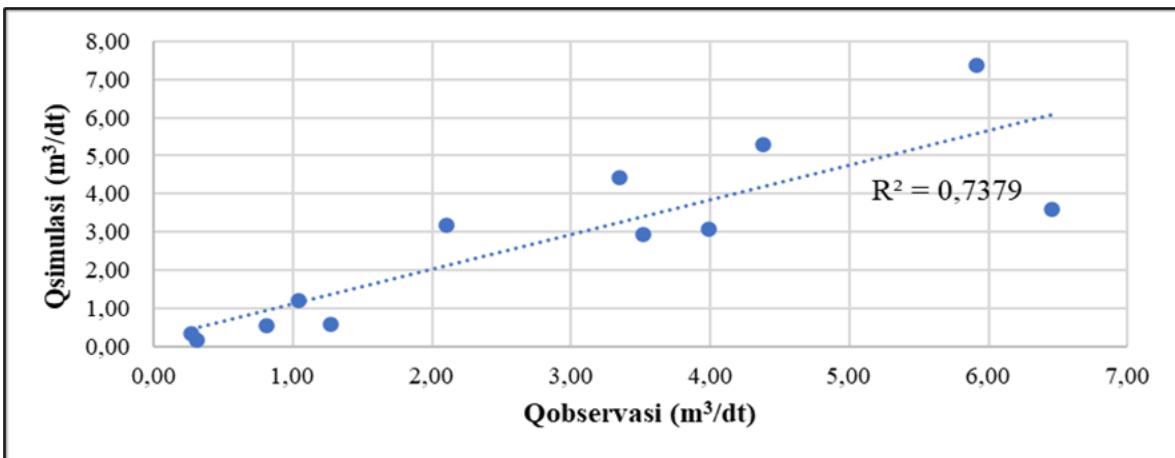
**Gambar 2****Hasil Pemodelan ArcSWAT Korelasi Debit Rerata Dengan Curah Hujan Bulanan Tahun 2020**

Hasil simulasi yang diperoleh dengan menggunakan SWAT menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan bulanan mengarah pada peningkatan debit rerata, dan sebaliknya. Hasil simulasi ArcSwat R2, yang mencakup tingkat memuaskan (Nash Sutcliffe (NSE) sebesar 0,696 dengan derajat kecocokan model (R^2) 0,739), ditunjukkan pada gambar 3 dan 4. Langkah berikutnya adalah kalibrasi model. Ini dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat output terhadap hasil pengamatan

lapangan. Pada tahap ini, simulasi ulang dilakukan terhadap parameter yang paling sensitif dan berpengaruh pada proses hidrologi.

Menurut Neitsch et al. (2009), nilai NSE dan R^2 dapat dinaikkan supaya mendekati nilai debit lapangan dengan cara mengubah beberapa parameter. Model efisiensi NSE dan R^2 biasanya digunakan proses kalibrasi (Nash & Sutcliffe, 1970).

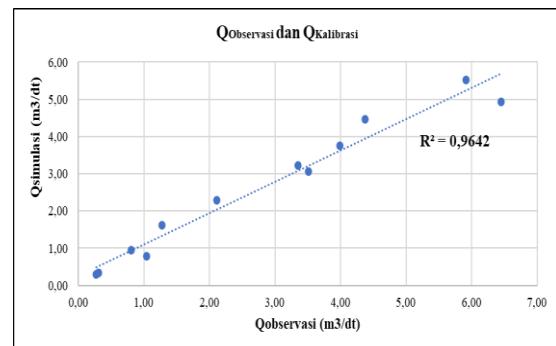
**Gambar 3****Komparasi Debit Pengamatan dan Debit Simulasi Tahun 2020 dengan Arcswat**



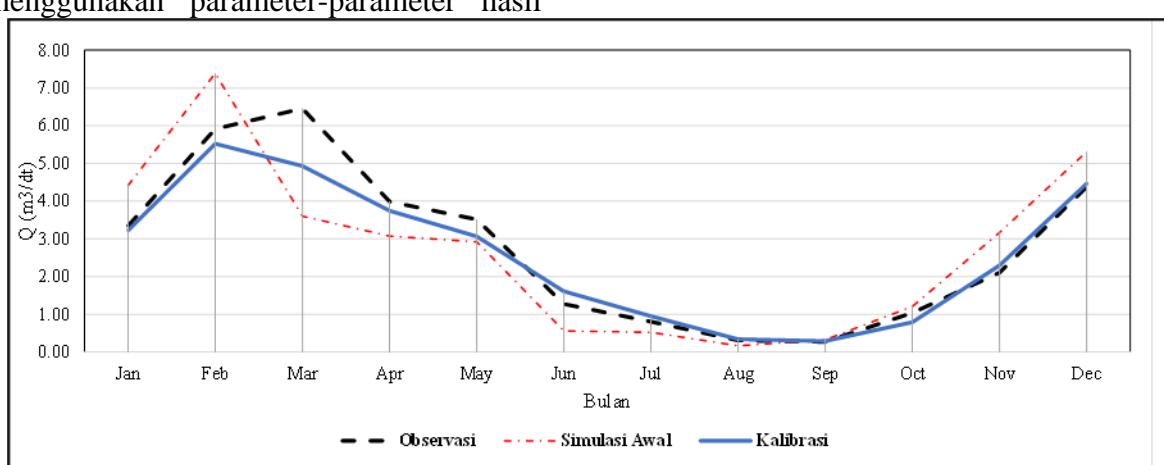
Gambar 4
Grafik Hubungan Q Observasi dan Q Simulasi Sebelum Kalibrasi

Besaran nilai NSE yang diperoleh dari hasil analisis adalah sebesar 0,941 dan nilai R^2 sebesar 0,964 menunjukkan bahwa mereka termasuk dalam kriteria yang baik (NSE lebih dari 0,75), sesuai dengan yang ditunjukkan pada gambar 5 dan 6. Nilai debit model setelah dilakukan dikalibrasi menjadi lebih dekat dengan debit yang diamati. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan pada hasil analisis NSE dan R^2 menjadi baik. Tahapan selanjutnya dilakukan simulasi dengan menggunakan data tata guna lahan pada tahun 1999, 2003, 2010, 2013, 2015, 2018 dan 2020 dengan menggunakan parameter-parameter hasil

kalibrasi.



Gambar 5
Grafik Hubungan Q Observasi dan Q Simulasi Setelah Kalibrasi



Gambar 6
Komparasi Debit Pengamatan dan Debit Kalibrasi dengan Arcswat

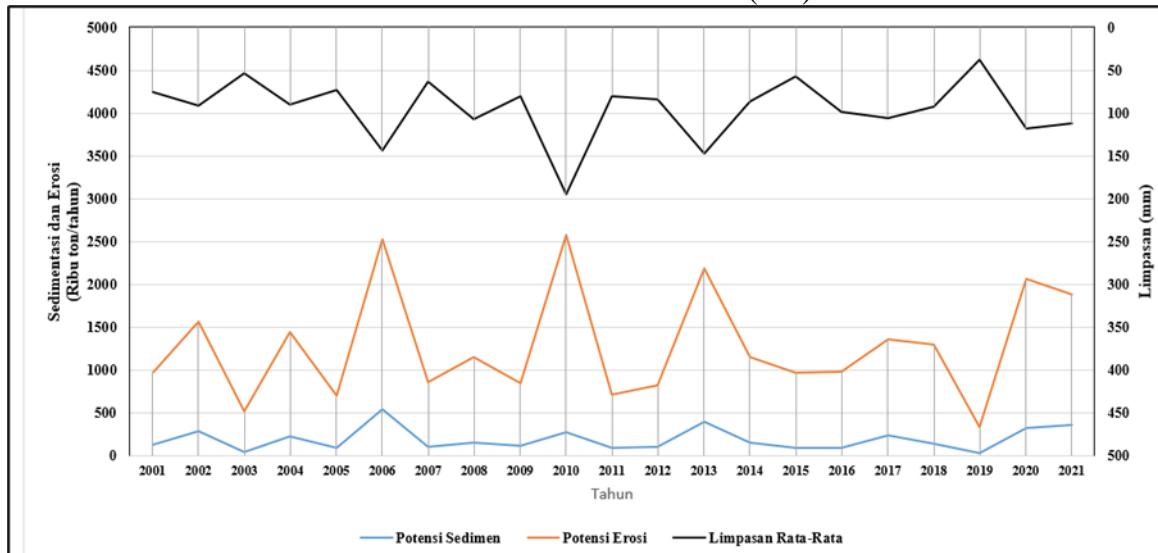
Simulasi Limpasan, Erosi dan Sedimentasi

Jumlah transport sedimen, erosi, rerata debit keluar dan debit masuk, dan

limpasan aliran permukaan pada sub-DAS yang mengalir ke dalam sungai merupakan data dari periode tertentu. Nilai potensi sedimen, erosi, dan limpasan berubah setiap

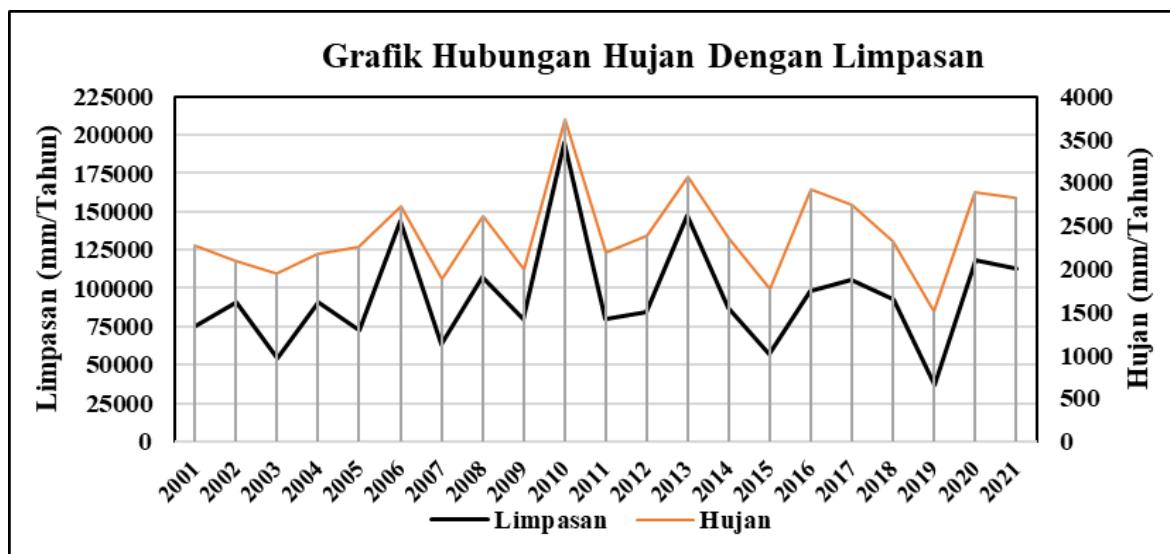
tahunnya sebagaimana tampak pada gambar 7.

Perubahan tutupan tanah di tanah menyebabkan perubahan nilai *Curve Number* (CN).



Gambar 7

Hasil Permodelan Arcswat Korelasi Limpasan Aliran Permukaan, Erosi dan Sedimentasi



Gambar 8

Hasil Analisis dan Pemodelan Arcswat Korelasi Hujan Dengan Limpasan

Berdasarkan gambar 8, terdapat korelasi antara curah hujan dan tinggi limpasan. Apabila curah hujan meningkat, tinggi limpasan juga meningkat.

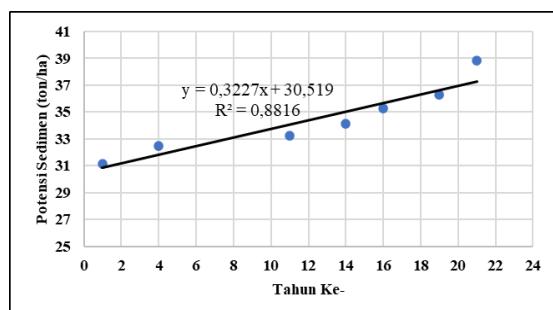
Pada tahun 2016 dan 2020, hubungan antara perubahan tutupan lahan dan tinggi limpasan dapat dilihat. Mereka memiliki nilai tinggi limpasan yang berbeda dengan curah hujan yang hampir sama. Tabel 2 menunjukkan nilai rerata nilai CN pada Daerah Aliran Sungai Jatibarang pada setiap kondisi tata guna lahan.

Tabel 2
Nilai Rerata Curve Number

Tutupan Lahan tahun	<i>Cuve Number</i>
1999	50,13
2003	50,26
2010	52,21
2013	52,25
2015	54,98
2018	55,64
2020	56,72

Prediksi Volume Sedimentasi Waduk Jatibarang

Waduk Jatibarang direncanakan dengan luas area genangan sebesar 5.265 ha dan memiliki volume tampungan mati 6.789.602 m³, waduk Jatibarang mulai beroperasi pada tahun 2015. Model regresi linier antara potensi sedimen yang terjadi dan waktu digunakan untuk memprediksi volume total sedimen waduk (Gambar 9). Oleh karena itu, volume sedimen yang akan datang dapat diperkirakan. Total volume sedimentasi pada Waduk Jatibarang dapat diprediksi dari tahun ke tahun berdasarkan data sedimentasi yang potensial mengalir ke dalam badan tampungan air, luas area genangan waduk, dan berat jenis sedimen (Tabel 3).



Gambar 9
Grafik Hubungan Waktu dan Potensi Sedimentasi yang Terjadi pada Waduk Jatibarang

Prediksi usia guna Waduk Jatibarang

Pada tahun 2065, yakni 50 tahun setelah Waduk Jatibarang beroperasi, diprediksi terdapat 271.170,04 ton sedimen di dalam waduk. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, nilai berat jenis sedimen rerata pada Waduk Serbaguna Jatibarang sebesar 1.645 gram/cm³. Dengan demikian, pada usia lima puluh tahun, sedimen masuk dengan volume sebesar 447.430,56 m³, dan ditambah dengan sedimen yang telah ada sebelumnya, diproyeksikan volume total sedimen Waduk Jatibarang pada tahun tersebut 19.074.132 m³.

Tabel 3
Prediksi Potensi Volume Sedimen Waduk Jatibarang Hasil Analisis Dan Pemodelan Arcswat

No.	Tahun	Potensi sedimen		Volume sedimen (m³)	Prediksi volume sedimen pada waduk (m³)
		(ton/ha)	(ton)		
1	2000	30,84	162.412,39	267.980,45	
2	2001	31,16	164.111,73	270.784,36	
3	2002	31,49	165.811,07	273.588,26	
4	2003	31,81	167.510,41	276.392,17	
5	2004	32,13	169.209,75	279.196,08	
10	2009	33,75	177.706,44	293.215,62	
15	2014	35,36	186.203,13	307.235,16	
16	2015	35,68	187.902,47	310.039,07	0 (mulai beroperasi)
17	2016	36,00	189.601,80	312.842,98	312.842,98
20	2019	36,97	194.699,82	321.254,70	1.268.195,35
30	2029	40,20	211.693,20	349.293,78	4.634.957,29
35	2034	41,81	220.189,89	363.313,32	6.423.484,81
36	2035	42,14	221.889,23	366.117,23	6.789.602,04
					(tampungan mati)
40	2039	43,43	228.686,58	377.332,86	8.282.110,03
50	2049	46,65	245.679,96	405.371,94	12.209.653,58
60	2059	49,88	262.673,35	433.411,02	16.417.587,92
65	2064	51,49	271.170,04	447.430,56	18.626.701,65
66	2065	51,49	271.170,04	447.430,56	19.074.132,21
					(usia guna rencana)

Tabel 3 menunjukkan bahwa kondisi tampungan air Waduk Serbaguna Jatibarang diproyeksikan terjadi pada tahun 2035, pada usia 20 tahun. Ini berarti bahwa Waduk Serbaguna Jatibarang akan melampaui batas kemampuan layan, dengan mengalami pemenuhan sedimentasi sejumlah tampungan mati lebih awal dibandingkan perkiraan masa layan waduk, yakni 50 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa sedimentasi yang terjadi pada waduk membuat usia layanan waduk lebih pendek. Oleh karena itu, analisis SWAT

menunjukkan bahwa masa pakai waduk adalah 11 tahun (2024–2035).

SIMPULAN

Laju sedimentasi meningkat sebanding dengan luas lahan terbangun, sesuai dengan persamaan $y = 0,3227x + 30.519$, dengan laju sedimentasi meningkat sebesar 0,32 ton/ha/tahun. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa tampungan mati Waduk Jatibarang dengan volume 6,8 juta meter kubik akan penuh pada tahun 2035. Dengan kata lain, usia Waduk

Jatibarang akan bergerak lebih cepat dari yang direncanakan sebelumnya, yaitu 50 tahun (2065).

SARAN

Aplikasi ArcSWAT memudahkan pemodelan hidrologi pada suatu DAS. Beberapa hal yang perlu diperhatikan saat menggunakan aplikasi tersebut agar tidak terjadi masalah dalam simulasi, seperti

membuat peta digital dengan hasil analisis program yang baik, kualitas dan kuantitas data yang baik, dan jangka waktu yang panjang untuk menghasilkan output yang baik. Dalam perencanaan bendungan, analisis sedimentasi harus mengkaji atau menganalisis tren perubahan tutupan lahan agar usia guna waduk sesuai dengan yang direncanakan setelah bendungan dibangun.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour, K. C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., Srinivasan, R., Yang, H., & Kløve, B. (2015). A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model. *Journal of Hydrology*, 524, 733–752. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.027>
- Astuti, S. A. Y., & Satriyo, A. B. (2022). Analisis keandalan Embung Selopamioro dalam memenuhi kebutuhan air baku dan irigasi daerah imogiri Bantul. *Teknisia: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*, 27(2), 113–121. <https://typeset.io/papers/analisis-keandalan-embung-selopamioro-dalam-memenuhi-3cay7oez>
- Damayanti, L. D., Wulandari, D. A., & Edhisono, S. (2022). Prediksi Pola Distribusi Sedimentasi Waduk Sepaku Semoi. *Agregat*, 7(2), 673–678.
- Hermawan, M. R. (2019). *Analisis laju sedimentasi Waduk Gajah Mungkur Wonogiri untuk perkiraan usia guna waduk*.
- Hudisasmoko, A., Suharyanto, & Suprapto. (2023). *Analisa Kecenderungan (Trend) Perubahan Lahan di Sub DAS Kreo DTA Waduk Jatibarang , Kota Semarang Trend*
- Analysis of Land Change in the Kreo Sub-watershed Jatibarang Reservoir , Semarang City. 2023, 14–20.* <https://doi.org/10.11594/nstp.2023.3003>
- Juwono, P. T., & Subagiyo, A. T. (2018). *SUMBER DAYA AIR DAN PENGEMBANGAN WILAYAH. Infrastruktur Keairan Mendukung Pengembangan Wisata, Energi, dan Ketahanan Pangan* (T. U. Press (ed.); 1st ed.). UB Press.
- Kamarati, K. F. A., Ramadhan, L. M. A. H., Thamrin, H., Noorhamsyah, Masrudy, M., Bulkis, S., Fadjery, M., Zulfi, M., Ariusmiati, & Paurru, S. S. (2023). Analysis of Teritip Dam Utilization for Domestic Water Supply in Balikpapan. *Buletin Poltanesa*, 24(1), 85–90. <https://doi.org/10.51967/tanesa.v24i1.2564>
- Puspitasari, R. A., Suhartanto, E., & Prasetyorini, L. (2023). Analisa Laju Erosi dan Arahan Konservasi Lahan Pada DAS Kedunglarangan Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 4(1), 91–101. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2024.004.01.008>
- Putra, E. K., Amaru, K., & Kendarto, D. R. (2024). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Respon Hidrologi di Sub Daerah Aliran Sungai Cimeta Menggunakan Model Soil and Water

- Assessment Tool (SWAT). *Jurnal Triton*, 15(1), 78–92.
<https://doi.org/10.47687/jt.v15i1.715>
- Rachmatullah, I., Natakusumah, D. K., Widyaningtias, W., Kuntoro, A. A., Nugroho, E. O., Permana, A., Setiawan, H., & Widyaningrum, D. (2024). Prediksi Distribusi Sedimentasi Terhadap Usia Guna Waduk Ameroro, Sulawesi Tenggara. *Journal on Education*, 6(2), 12526–12537.
<https://doi.org/10.31004/joe.v6i2.5104>
- Ribeiro, L. P. D., Paz, M. L. M., Silva, F. N. da, Xavier, A. R., & Silva, S. S. S. M. e. (2022). The Water and Socioeconomic Importance of the Aracoiaba Dam for the Maciço do Baturité Region. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 9(12), 228–240.
<https://doi.org/10.22161/ijaers.912.25>
- Teguh, N. A., & Marginia, N. F. (2022). Analysis of sedimentation trends in efforts for sustainability at Wonorejo Reservoir. *Chimica Didactica Acta*, 9(2), 52–56.
<https://doi.org/10.24815/jcd.v9i2.25097>
- Varadilla, S., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. (2020). Studi pendugaan sisa usia guna Waduk Selorejo dengan pendekatan erosi dan sedimentasi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 08(05), 389–400.