

Kajian Potensi Sedimentasi Pada Waduk Jatibarang dengan Pemodelan SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) (*Study of Sedimentation Potential in Jatibarang Reservoir With SWAT Modeling (Soil and Water Assessment Tool)*)

Han Lois Herlambang¹; Montana Raisya Putri¹;
Budi Santosa³; Djoko Suwarno⁴

email: hanloish@yahoo.com; montanaraisyap@gmail.com

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

²Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Dhuwur Semarang 50234

Abstrak

Sedimentasi menjadi salah satu permasalahan dalam pengelolaan waduk. Sedimen yang mengendap pada waduk akan mempengaruhi kapasitas tampungan mati dan umur waduk tersebut. Tujuan dari penelitian yaitu menghitung besaran potensi sedimentasi dan hubungan volume sedimentasi dengan umur perkiraan Waduk Jatibarang. Hasil pemodelan *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) menunjukkan potensi volume sedimentasi dari Mei 2014 sampai Desember 2019 mencapai 1.361.811,915 m³ dan Maret 2034 diprediksi tampungan mati pada Waduk Jatibarang akan penuh. Hubungan volume sedimen (x) dengan umur perkiraan Waduk Jatibarang (y) berdasarkan grafik regresi yaitu $y = -0,1215x^3 + 81,822x^2 + 71490$.

Kata kunci : Potensi Sedimentasi, Waduk Jatibarang, Pemodelan SWAT

Abstract

Sedimentation is one of the problems in reservoir management. Sediment that settles in the reservoir will affect the dead storage capacity and the life of the reservoir. The purpose of this research is to calculate the amount of potential sedimentation and the relationship between the volume of sedimentation and the estimated age of the Jatibarang Reservoir. The results of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) modeling show that the potential volume of sedimentation from May 2014 to December 2019 reached 1.361.811,915 m³ and in March 2034 it is predicted that the dead reservoir in the Jatibarang Reservoir will be full. The relationship between sedimen (x) volume and the estimated age of the Jatibarang Reservoir (y) based on the regression graph is $y = -0,1215x^3 + 81,822x^2 + 71490$.

Keywords: Potential for Sedimentation, Jatibarang Reservoir, SWAT Modeling.

PENDAHULUAN

Sedimentasi merupakan proses pengendapan untuk memisahkan padatan dalam cairan yang diakibatkan oleh gaya gravitasi. Sedimentasi ini juga menjadi salah satu faktor penyebab pendangkalan yang terjadi pada badan air. Hal ini menyebabkan kapasitas tampungan dari badan air berkurang dan menyebabkan limpasan pada badan air.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang merupakan salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang berada di Kota Semarang. Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang memiliki tiga sungai yang cukup potensial yaitu Sungai Garang, Sungai Kreo dan Sungai Kripik (Ginting dan Waluyo, 2010). Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang ini memiliki ragam topografi, pada bagian hulunya memiliki kemiringan lereng dan sungai yang cukup ekstrim dan bagian

hilirnya memiliki kemiringan lereng dan sungai yang cukup landai. Hal ini dapat berpotensi terjadinya sedimentasi yang menyebabkan limpasan.

Waduk Jatibarang merupakan waduk serbaguna yang berada pada kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang. Waduk ini terletak pada aliran Sungai Kreo. Waduk Jatibarang memiliki fungsi untuk menampung aliran air, pengendalian banjir, penyedia air baku, pembangkit listrik dan tempat wisata. Penampungan aliran air pada waduk ini dapat menyebabkan peningkatan persentase sedimen yang terbawa oleh aliran sungai dan mengendap pada kurun waktu tertentu. Dalam permasalahan ini diperlukannya pengelolaan waduk agar dapat mengatasi masalah sedimentasi yang mengakibatkan pengurangan kapasitas tampungan waduk dan mengurangi umur layanan waduk, sehingga kapasitas tampungan waduk dapat sesuai perencanaannya dan berfungsi dengan baik.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam mencapai tujuan dari penelitian ini digunakan beberapa teori dan pemodelan. Berikut merupakan teori dan pemodelan yang digunakan.

Pemodelan Soil and Water Assesment Tool (SWAT)

Pemodelan Soil and Water Assesment Tool (SWAT) merupakan permodelan yang dapat digunakan untuk memprediksi dampak pengelolaan lahan terhadap sedimen, air, dan bahan kimia pertanian terhadap suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Dalam prosesnya pemodelan ini didasarkan pada neraca air (Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR dan Williams JR., 2009) seperti berikut ini.

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

SW_t = soil water content (mm H₂O),

SW_o = soil water content awal pada hari i (mm H₂O),

t = waktu (hari),

R_{day} = jumlah pengendapan pada hari i (mm H₂O),

Q_{surf} = jumlah surface runoff pada hari i

(mm H₂O),

E_a = jumlah evapotranspiration pada hari i (mm H₂O),

W_{seep} = jumlah air yang masuk ke dalam zona vadose di soil profile pada hari i (mm H₂O)

Q_{gw} = jumlah return flow pada hari i (mm H₂O).

Pada proses pemodelan ini terdapat tahapan-tahapan dalam pemasukan data yang nantinya dimodelkan sehingga mendapatkan hasil pemodelan. Tahapan dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut.

a. Watersheed Delineator

Watersheed Delineator merupakan proses yang menentukan dan menggambarkan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai fungsi untuk mengalirkannya aliran air dari curah hujan sampai menjadi limpasan menuju ke suatu titik luaran (*outlet*) yang sudah ditentukan. *Input* dari *Watersheed Delineator* ini adalah Peta DEM lokasi penelitian.

b. Hidrology Response Unit

Hidrology Response Unit merupakan analisis hidrologi yang dibentuk oleh data tata guna lahan, data jenis tanah dan kemiringan lahan spesifik. Pada pemodelan ini dilakukan *overlay* peta dari data yang diinputkan, *overlay* ini menggunakan metode *threshold by percentace*. Data dan peta yang di *input* kan yaitu jenis tanah, tata guna lahan dan kemiringan lereng berdasarkan topografi lokasi penelitian.

c. Write Input Table

Pada *write input table* ini dilakukannya *input* data curah hujan dan klimatologi lokasi penelitian.

Pada pemodelan ini hasil yang didapatkan berupa pergerakan sedimen, pergerakan air, siklus nutrisi dan pertumbuhan tanaman. Dalam pemodelan ini perhitungan sedimen menggunakan metode *Modify Universal Soil Loss Equation* (MUSLE) yang sudah dimodifikasi sesuai dengan pemodelan *Soil and Water Assesment Tool* (SWAT) ini. Berikut merupakan persamaan dari metode MUSLE dalam SWAT (Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR dan Williams JR., 2009).

$$\text{Sed} = 11,8(Q_{\text{surf}} \times q_{\text{peak}} \times \text{area}_{\text{hru}})^{0,56} \times K_{\text{USLE}} \times LS_{\text{USLE}} \times C_{\text{USLE}} \times P_{\text{USLE}} \times \text{CFRG} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

Sed = hasil sedimen pada hari tertentu (ton/ha)

Q_{surf} = volume limpasan permukaan (mm H₂O/Ha)

Q_{peak} = laju limpasan puncak (m³/s)

Area_{hru} = luas HRU (ha)

K_{USLE} = faktor erodibilitas tanah USLE

LS_{USLE} = faktor topografi

C_{USLE} = faktor penutup dan manajemen lahan

P_{USLE} = faktor praktek pendukung

CFRG = faktor fragmen kasar

Kapasitas Tampungan Waduk

Kapasitas tampungan waduk merupakan kemampuan dari suatu waduk sebagai tempat penampung air dan membuat aliran air menjadi stabil. Besar kapasitas dari tampungan waduk dapat dilihat dari hubungan antara elevasi, luas dan volume dari waduk. Sehingga nantinya dapat diketahui elevasi tampungan normal, tampungan mati dari waduk dan juga dapat diketahuinya elevasi pergerakan sedimen.

Bangkitan Data (Thomas Fiering)

Metode Thomas Fiering digunakan untuk melakukan bangkitan data sedimen sehingga dapat memproyeksikan prediksi volume sedimen lanjutan untuk beberapa tahun kedepan. Bangkitan data ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama sedimen di waduk tersebut memenuhi batas volume sedimen yang di rencanakan. Berikut merupakan persamaan yang digunakan.

$$Q_{i+1,j} = Q_i + b_j(Q_{i,j-1} - Q_{j-1}) + t_i Sd_j (1 - r_j)^{2,5} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

$Q_{i+1,j}$ = data hasil pembangkitan untuk periode j dan tahun ke $i+1$

$Q_{i,j-1}$ = data pada tahun ke i , pada periode sebelumnya ($j-1$)

r_j = koefisien korelasi antara debit periode sebelumnya ($j-1$) dan periode j

b_j = koefisien regresi antara debit

periode j dan periode sebelumnya ($j-1$)

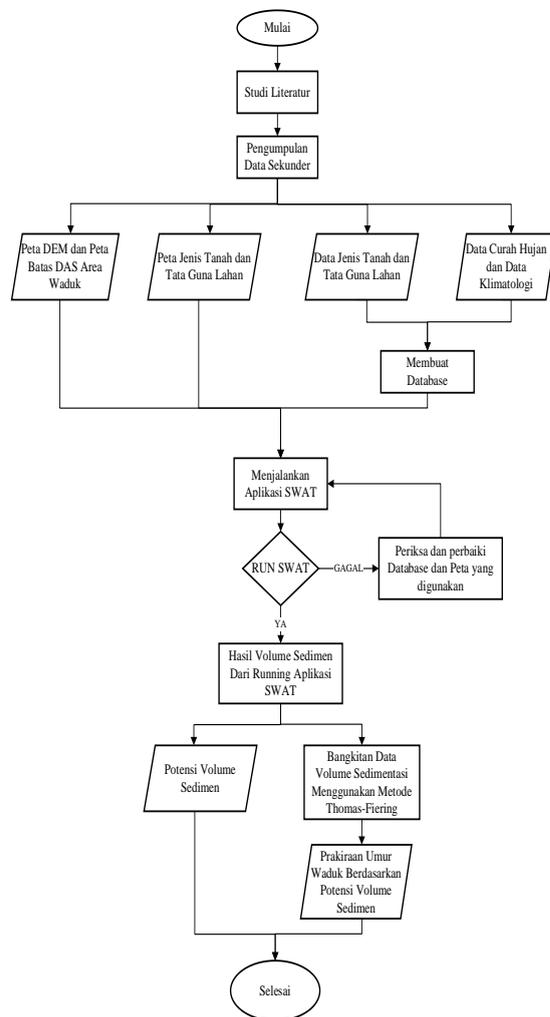
t_i = bilangan random normal

Sd_j = standar deviasi periode j

Kalimat ditulis dengan huruf Times New Roman 11pt, spasi 1. Cara penyajian kutipan menggunakan acuan *references style* APA edisi 6.

METODE

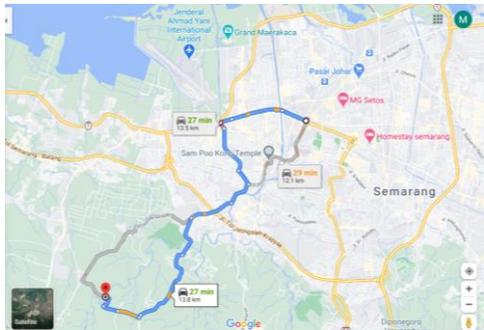
Berikut merupakan diagram alir penelitian secara umum, untuk secara jelas dan detailnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Lokasi Studi

Lokasi studi penelitian yaitu DAS Waduk Jatibarang. DAS Waduk Jatibarang ini termasuk dalam Sub DAS Kreo yang berada pada DAS Garang. DAS Waduk

Jatibarang memiliki *outlet* pada hulu dari Waduk Jatibarang yang berada di wilayah Desa Kandri, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Berikut merupakan lokasi dari Waduk Jatibarang yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Waduk

HASIL PENELITIAN
Analisis Sedimentasi Soil Water Assesment Tool (SWAT)

Pada analisis ini, digunakan pemodelan *Soil Water Assesment Tool (SWAT)*. Pada pemodelan ini analisis sedimentasi menggunakan metode *Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE)*. Metode ini menggunakan faktor limpasan dalam memprediksi

hasil sedimen. Dalam prosesnya pemodelan ini harus melakukan tahapan-tahapan pemodelan secara baik. Hasil yang didapatkan dalam pemodelan ini adalah prediksi dari volume sedimentasi Waduk Jatibarang. Hasil prediksi volume sedimen ini dapat dilihat pada Tabel 1.

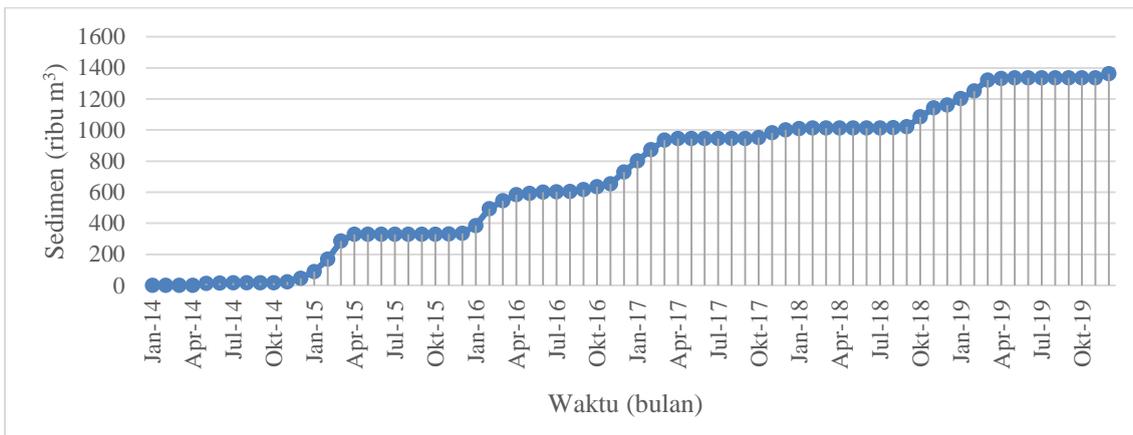
Dari hasil prediksi dapat dilihat pada tahun 2016 merupakan tahun yang memiliki total sedimen tertinggi yang diprediksi mencapai 394.842,3 m³. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan total volume sedimentasi dari bulan Mei 2014 dan Desember 2019 diprediksi mencapai 1.361.811,915 m³.

Pada Tabel 1 prediksi volume sedimentasi dapat digambarkan secara grafik. Dari grafik ini dapat diperlihatkan bahwa jumlah sedimen di setiap bulannya tidak selalu mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan ada beberapa bulan yang tidak menghasilkan sedimen. Grafik volume kumulatif sedimentasi perbulan ini dapat diperlihatkan pada Grafik 1.

Tabel 1. Prediksi Volume Sedimen yang Mengendap Pada Waduk Jatibarang

Bulan	Tahun					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Januari	-	42345,675	49757,918	72131,578	7566,818	41237,221
Februari	-	79154,978	108956,994	70691,976	4630,297	50384,746
Maret	-	116888,213	50137,514	61955,927	0,000	69876,475
April	-	44287,219	39281,147	9473,938	130,044	9912,744
Mei	11764,504	0,691	8294,735	439,215	0,000	4666,577
Juni	2135,900	5,382	8723,672	303,145	0,000	0,000
Juli	1742,807	0,000	1774,480	158,856	566,792	0,000
Agustus	845,031	0,000	1663,645	0,000	210,968	0,196
September	0,000	0,000	12237,568	17,130	6542,431	62,202
Oktober	67,875	2,106	19829,956	6809,984	63696,443	1,039
November	5967,813	2280,506	18461,918	29185,909	58267,970	245,201
Desember	23846,692	3767,195	75722,774	19803,113	17381,455	25516,616
Total Sedimen (m ³)	46370,622	288731,964	394842,322	270970,771	158993,218	201903,018

Grafik 1. Grafik Volume Kumulatif Sedimentasi Perbulan



Analisis Kapasitas Tampungan Waduk

Analisis ini menggunakan hubungan elevasi, luas dan volume dari Waduk Jatibarang. Hubungan elevasi, luas dan volume dari Waduk Jatibarang ini berdasarkan pada topografi dari Waduk Jatibarang itu sendiri. Dari hubungan ini akan mendapatkan kurva lengkung kapasitas.

Kurva lengkung kapasitas ini juga digunakan untuk mengetahui seberapa besar tampungan pada elevasi tertentu, maka dari hal tersebut dapat ditentukan ketinggian muka air yang diperlukan untuk mendapatkan besarnya volume tampungan pada suatu elevasi tertentu.

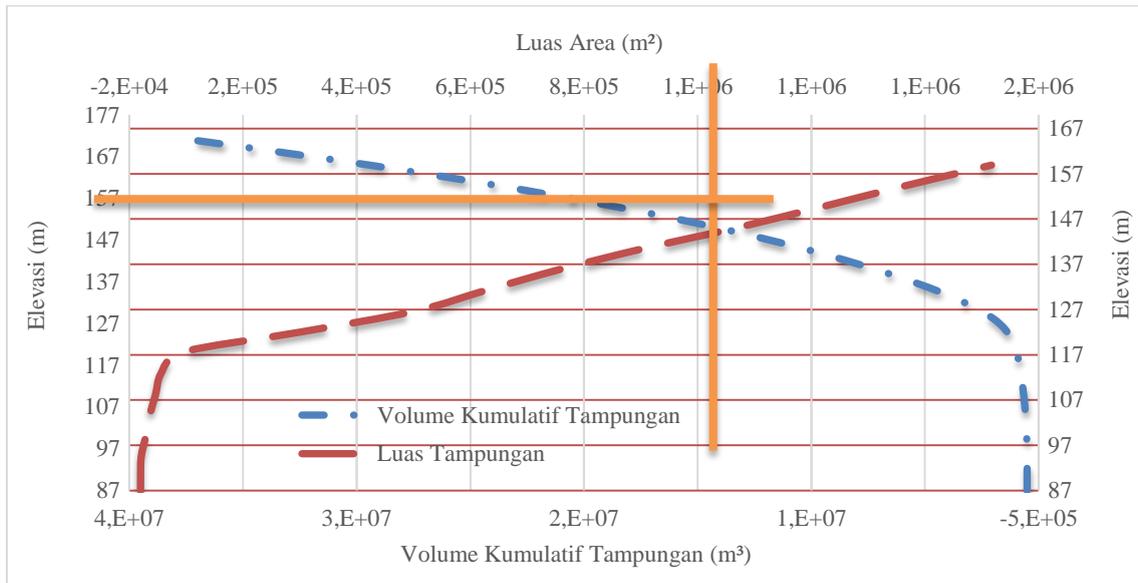
Berdasarkan hubungan elevasi, luas dan volume dari Waduk Jatibarang dapat diketahui elevasi dari tampungan normal, tampungan mati dan elevasi penambahan sediemen, Hubungan elevasi, luas dan volume Waduk Jatibarang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Elevasi, Luas, dan Volume Waduk Jatibarang

Elevasi (m)	Luas Area (m ²)	Volume Tampungan (m ³)	Kumulatif Volume Tampungan (m ³)
87	0	0	0,00
90	0,00	0,00	0,00
95	1035,00	2587,50	2587,50
100	9080,00	25287,50	27875,00
105	16040,00	62800,00	90675,00
110	26330,00	105925,00	196600,00
115	35795,00	155312,50	351912,50
120	68476,00	260677,50	612590,00
125	282352,00	877070,00	1489660,00
130	482722,00	1912685,00	3402345,00
135	608169,00	2727227,50	6129572,50
140	738074,00	3365607,50	9495180,00
145	885090	4057910,00	13553090,00
150	1049448	4836345,00	18389435,00
155	1198840	5620720,00	24010155,00
160	1343950	6356975,000	30367130,000
165	1497070	7102550,000	37469680,000

Dari Tabel 2 ini dapat digambarkan menjadi grafik hubungan elevasi, luas dan volume Waduk Jatibarang yang merupakan kurva lengkung kapasitas Waduk Jatibarang. Grafik ini digambarkan pada Grafik 2.

Grafik 2. Grafik Hubungan Antara Elevasi, Luas dan Volume Waduk Jatibarang



Berdasarkan Grafik 2, didapatkan hasil bahwa volume kapasitas dari tampungan normal Waduk Jatibarang pada elevasi 148,9 meter dan tampungan mati Waduk Jatibarang berada pada elevasi 136 meter.

Berdasarkan Tabel 2 juga dapat diketahui hasil prediksi kenaikan sedimen pada Waduk Jatibarang. Prediksi kenaikan sedimen pada bulan Desember tahun 2019 berada pada elevasi 124,271 meter dengan jumlah sedimen 1.361.811,915 m³.

Analisa Bangkitan Data Prediksi Volume Sedimentasi Metode Thomas Fiering

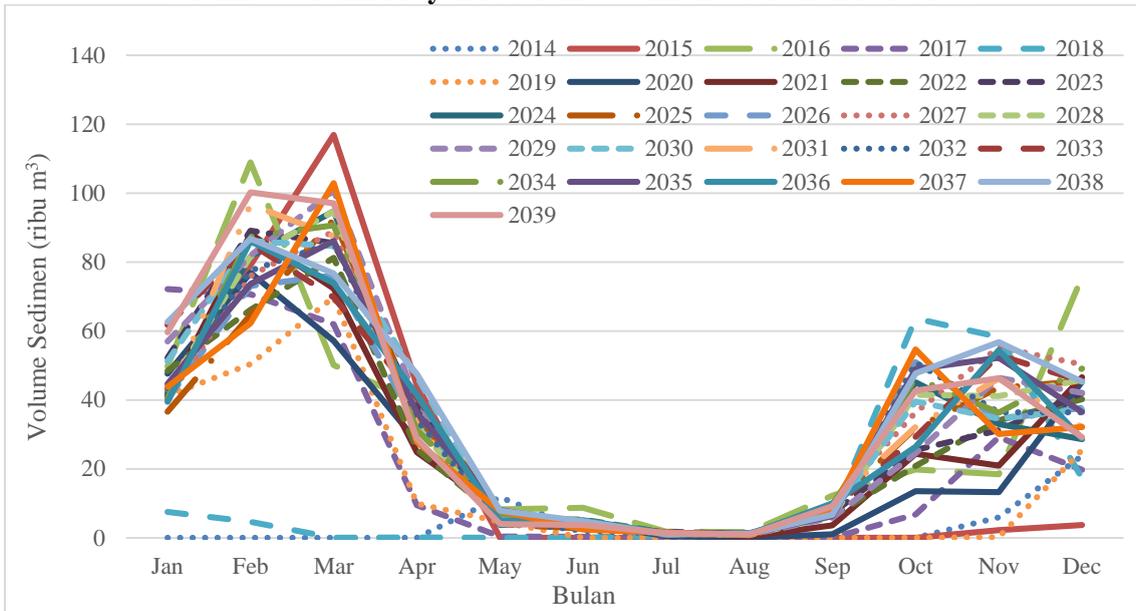
Metode ini digunakan untuk memperpanjang data hasil prediksi

volume sedimen yang telah didapatkan dari hasil pemodelan *Soil Water Assesment Tool* (SWAT). Berikut merupakan hasil analisis bangkitan data hasil prediksi volume sedimen Waduk Jatibarang untuk 20 tahun yang akan datang (2020 sampai 2039) yang dapat dilihat pada Grafik 3.

Analisa Umur Waduk

Analisa umur waduk ini berdasarkan pada prediksi volume sedimentasi yang dibangkitkan datanya menggunakan metode Thomas Fiering. Dari hasil bangkitan data ini maka didapatkannya estimasi volume sedimentasi pada Waduk Jatibarang yang mencapai batas volume tampungan matinya.

Grafik 3. Grafik Proyeksi Volume Sedimentasi Tahun 2014-2039

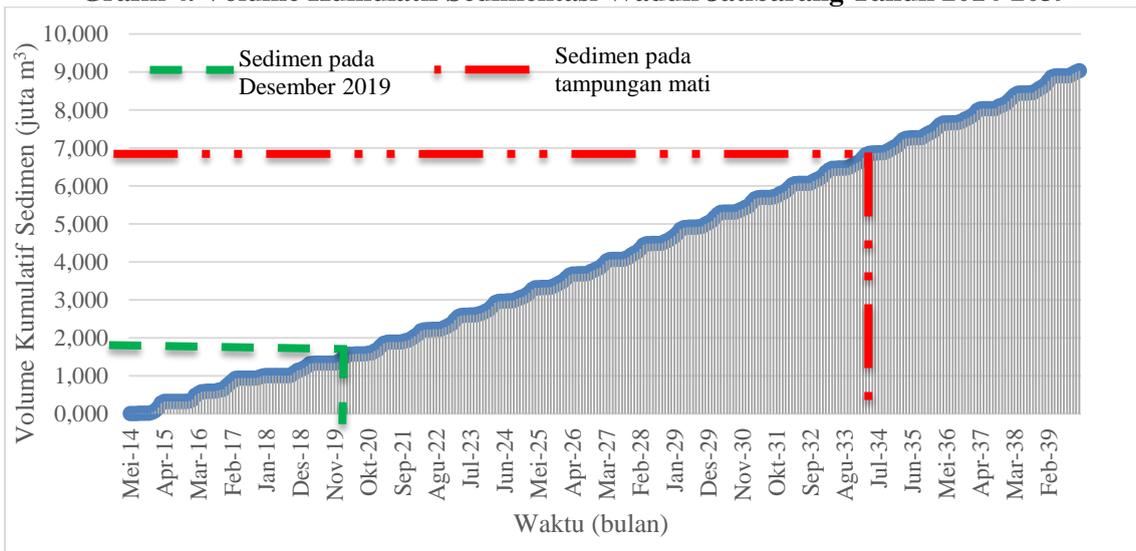


Pada analisis ini mendapat hasil bahwa pada Maret 2034 Waduk Jatibarang diprediksi volume sedimennya mencapai batas dari volume matinya. Hasil analisis ini dapat digambarkan pada Grafik 4.

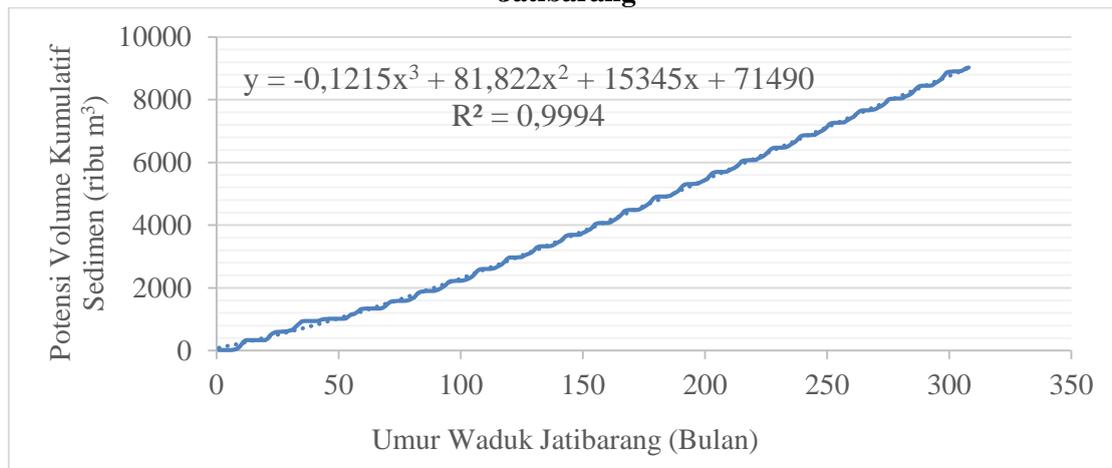
Pada analisis ini juga didapatkan hubungan antara potensi volume sedimentasi dan umur waduk berupa

regresi dari volume kumulatif sedimen. Regresi volume kumulatif sedimen ini yaitu $y = -0,1215x^3 + 81,822x^2 + 71490$, dimana x merupakan umur Waduk Jatibarang dan y merupakan potensi volume sedimentasi Waduk Jatibarang. Grafik regresi ini dapat dilihat pada Grafik 5.

Grafik 4. Volume Kumulatif Sedimentasi Waduk Jatibarang Tahun 2014-2039



Grafik 5. Grafik Regresi Hubungan Potensi Sedimentasi dan Umur Perkiraan Waduk Jatibarang



SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1.a. Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diketahui:
 - Prediksi volume sedimen pada tahun 2014 mencapai $46.370,622 \text{ m}^3$
 - Prediksi volume sedimen pada tahun 2015 mencapai $288.731,964 \text{ m}^3$
 - Prediksi volume sedimen pada tahun 2016 mencapai $394.842,322 \text{ m}^3$
 - Prediksi volume sedimen pada tahun 2017 mencapai $270.970,771 \text{ m}^3$
 - Prediksi volume sedimen pada tahun 2018 mencapai $158.993,218 \text{ m}^3$
 - Prediksi volume sedimen pada tahun 2019 mencapai $201.903,018 \text{ m}^3$
- b. Dari hasil prediksi tersebut maka potensi volume sedimentasi yang mengendap pada Waduk Jatibarang dari bulan Mei 2014 sampai Desember 2019 yaitu sebesar $1.361.811,915 \text{ m}^3$ atau 20,027% dari tampungan mati.
- 2.a. Berdasarkan hasil analisis grafik regresi maka hubungan potensi volume sedimentasi dengan umur waduk yaitu $y = -0,1215x^3 + 81,822x^2 + 71490$, dimana x adalah umur Waduk Jatibarang dan y adalah potensi volume sedimentasi Waduk Jatibarang (m^3)

- b. Dari hubungan potensi volume sedimentasi dengan umur waduk tersebut maka diprediksi bahwa pada Maret 2034 sedimen akan mencapai batas tampungan matinya, dan dapat dikatakan bahwa sisa umur Waduk Jatibarang tinggal 14 tahun 3 bulan. Hal tersebut menunjukkan bahwa umur Waduk Jatibarang bergerak lebih cepat dari perencanaan awal waduk yaitu 50 tahun.

Saran

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan, maka dapat saran yang dapat diberikan :

- a. Keterbatasan waktu dan data yang diperoleh membuat penelitian ini tidak dilakukan proses uji kalibrasi dan validasi. Pengujian kalibrasi dan validasi ini membutuhkan pengukuran langsung di lapangan, sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan pengujian kalibrasi dan validasi agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
- b. Perlu dilakukannya pemeliharaan pada Waduk Jatibarang dengan cara dilakukannya pengerukan sedimen didalam Waduk Jatibarang.

Karena potensi sedimentasi yang besar maka perlu diminimalisir dengan cara membangun bangunan pengendali

sedimen pada hulu DAS Waduk
Jatibarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ginting, Segel dan Waluyo Hatmoko.
(2010): Penentuan Laju Sedimen
Pada Rencana Waduk Jatibarang,
Vol. 6. Diakses dari
[https://jurnalsda.pusair-
pu.go.id/index.php/JSDA/article/v
iew/382/280](https://jurnalsda.pusair-pu.go.id/index.php/JSDA/article/view/382/280).
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR,
Williams JR. (2009): *Soil and
Water Assessment Tool
Theoretical Documentation:
Version 2009*. Texas USA:
Grassland Soil and Water
Research Laboratory, Agricultural
Research Service. Diakses dari
[https://swat.tamu.edu/media/9919
2/swat2009-theory.pdf](https://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf).