Prediksi Umur Waduk Gunungrowo Setelah Pengerukan

by Dyah Ari Wulandari

Submission date: 25-Feb-2023 09:43PM (UTC+0700)
Submission ID: 2022746522
File name: Full_Paper.pdf (398.6K)
Word count: 3538
Character count: 21498

PREDIKSI UMUR WADUK GUNUNGROWO SETELAH PENGERUKAN

Dyah Ari Wulandari[*1]

[1]Dosen Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
*Korespondensi: dyahariwulandari@yahoo.co.id

ABSTRACT

In 2015 the Gunungrowo Reservoir was dredged to reduce sedimentation. After dredging, it is necessary to carry out sedimentation analysis to determine the reservoir life to be achieved. This analysis is intended to evaluate sediment deposition patterns that have occurred up to 2015 and calculate reservoir life that can be achieved after dredging in 2015. The reservoir life is analyzed based on how long the dead storage has been filled with sediment. Sediment entering the reservoir is calculated based on reservoir bathymetry and the suspended sediment entering reservoir. The result shows most of the sediment settles in the effective storage and the reservoir life can reach up to 243 years after dredging.

Keyword : *Reservoir function sustainability, Reservoir sedimentation, service function*

1. PENDAHULUAN

Waduk Gunungrowo merupakan salah satu waduk dibawah pengelolaan Balai Besar Pemali Juana Yang terletak di Kabupaten Pati. Pada tahun 2015 waduk ini berusia 90 tahun dan selama ini pula waduk telah memberikan pelayanan sesuai dengan fungsinya. Upaya yang telah dilakukan pengelola waduk dalam rangka keberlanjutan fungsi waduk adalah dengan melakukan pengerukan sedimen dan perbaikan *conduit* pada tahun 2015. Berdasarkan informasi dari pengelola Waduk Gunungrowo (BBWS Pemali Juana), kondisi saat ini (tahun 2020) waduk sudah beroperasi kembali secara normal.

Secara teknis umur rencana waduk diperhitungkan selama 50 atau 100 tahun dalam kaitannya dengan kapasitas tampungan sedimen dalam waduk. Dalam perencanaan suatu bendungan salah satu hal yang harus direncanakan adalah kapasitas tampungan waduknya, yaitu tampungan mati dan tampungan efektif. Tampungan mati adalah tampungan yang disediakan untuk menampung sedimen yang masuk ke dalam waduk. Sedangkan tampungan efektif adalah tampungan yang harus disediakan untuk memenuhi kebutuhan air. Selain dari dua tampungan tersebut, akibat adanya faktor penahanan aliran banjir akan diperoleh tampungan banjir. Umur layanan waduk erat kaitannya dengan tampungan mati karena umur layanan waduk dihitung berdasarkan berapa lamanya tampungan mati penuh terisi sedimen [1]. Menurut [2] ada beberapa istilah mengenai umur waduk yaitu umur layanan (*usefull life*), umur ekonomi (*economic life*), umur manfaat (*useable life*), umur rencana (*design life*) dan umur penuh (*full life*). Umur layanan waduk adalah suatu periode dari mulai beroperasinya suatu waduk yang dapat memberikan layanan secara penuh dan baik terhadap fungsi utama pembangunannya. Bila pengambilan airnya melalui bangunan pengambilan bawah, maka umur layanan waduk biasanya disamakan dengan periode dari tahun pertama dioperasikannya waduk tersebut sampai dengan terpenuhinya tampungan mati dan tertutupnya bangunan pengambilan tersebut oleh sedimen. Waduk dinyatakan mati apabila waduk sudah tidak dapat memberikan layanan sesuai fungsinya.

Proses sedimentasi di dalam waduk cukup komplek dan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu hidrologi dan klimatologi, kondisi fisik waduk, hidrolika, aktifitas manusia dan sifat sedimen. Pengaruh dari faktor - faktor ini akan menyebabkan terjadinya proses

pengendapan sedimen kasar (pembentukan delta), pengendapan sedimen halus, *density current,* pergerakan sedimen dasar (*bedload*) dan sedimen layang (*suspended load*), pemadatan endapan sedimen dan *resuspension* ([3], [4], [5]). Pola pengendapan sedimen antara waduk yang satu dengan yang lainnya berbeda dan secara alami sangat komplek karena perbedaan kondisi hidrologi, karakteristik sedimen, geometri waduk dan operasi waduk [5]. Sedimen dengan butiran yang lebih kasar akan mengendap terlebih dahulu di waduk bagian hulu (tampungan banjir dan tampungan efektif), sedangkan sedimen dengan butiran yang lebih halus akan terbawa lebih jauh menuju ke waduk bagian hilir hingga akhirnya sebagian akan mengendap di tampungan mati dan sebagian lagi ikut aliran keluar waduk lewat intake ataupun spillway.

Tidak semua sedimen yang masuk ke waduk akan mengendap di tampungan mati. Sedimen yang masuk ke dalam waduk akan mengendap di seluruh permukaan dasar waduk baik di tampungan mati, tampungan efektif maupun tampungan banjir, sehingga akan mengurangi kapasitas masing-masing tampungan. Dan saat tampungan mati terisi penuh sedimen maka kapasitas tampungan efektif maupun tampungan banjir juga sudah berkurang karena terisi sedimen. Permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan waduk guna keberlanjutan fungsinya adalah sedimentasi waduk ([6], [7]). Banyak waduk yang tampungan sedimennya hampir penuh sebelum mencapai umur layanannya sehingga manfaat yang dapat diperoleh dari pengoperasiannya berkurang ([8], [9]). Pendangkalan waduk karena sedimentasi akan mengurangi kapasitas tampungan waduk untuk menyimpan air, menghalangi masuknya air, menciptakan banjir, berdampak pada navigasi, dan mengubah ekologi. Keberlanjutan waduk membutuhkan tindakan untuk menghilangkan sedimen yang ada di dalam waduk atau mengurangi pengendapan yang akan terjadi [10]. Sedimentasi waduk juga berdampak pada permasalahan ekonomi dan lingkungan [11].

Mengingat begitu pentingnya permasalahan sedimentasi waduk ini, beberapa peneliti telah melakukan penelitian untuk menangani permasalahan terkait sedimentasi waduk seperti uraian berikut. Penelitian di The Three Gorges Reservoir (TGR) mengenai laju sedimentasi dan distribusi sedimen karena pengaruh penurunan aliran sedimen yang disebabkan oleh proyek konservasi air dan tanah dan retensi sedimen dari waduk kaskade di hulu yang baru dibangun [12]. Penelitian mengenai meneliti penangkap sedimen untuk mengurangi sedimen yang masuk waduk dengan submerged barrier [13]. Kajian penanganan sedimentasi dengan pengerukan [14]. Penelitian waktu yang tepat untuk membuka bottom outlet dan lama pelepasan sedimen pada penanganan sedimen dengan *venting of turbidity currents* [11]. Penelitian untuk mengembangkan metode yang efisien untuk melepaskan sedimen halus, dengan mempertahankan sedimen dalam suspensi. Turbulensi diciptakan dengan membuat jet medan aliran buatan sehingga tidak terjadi pengendapan sedimen di dekat muka bendungan [15].

Secara alamiah Waduk Gunungrowo juga mengalami sedimentasi, dan pada tahun 2015 telah dilakukan pengerukan sedimen di Waduk Gunungrowo untuk mengatasi hal ini. Mengingat sedimentasi waduk sangat penting dalam pengelolaan waduk guna keberlanjutan fungsi layanannya maka perlu kiranya dilakukan analisis umur waduk berdasarkan pola sedimentasi. Berdasarkan uraian diatas sedimentasi di tampungan mati dapat diketahui dengan melakukan analisis distribusi sedimen di waduk tetapi dalam penelitian ini dianalisis berdasarkan pola sedimentasi yang telah terjadi, dimana untuk tiap waduk berbeda-beda tergantung karakteristik waduk dan sedimennya. Analisis ini ditujukan untuk mengevaluasi pola pengendapan sedimen yang telah terjadi sampai dengan tahun 2015 dan memprediksi umur waduk yang dapat dicapai sesudah dilakukan pengerukan pada tahun 2015. Hasil analisis ini akan bermanfaat untuk pengelolaan Waduk Gunungrowo selanjutnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Debit Inflow Waduk

Debit inflow waduk dapat diperoleh dari pengukuran debit secara langsung di sungai yang masuk ke waduk. Bila tidak tersedia data pengukuran langsung maka debit dapat dihitung dengan menggunakan model

hujan-aliran misalnya dengan model Mock, NRECA dan lain sebagainya atau dihitung berdasarkan data laporan operasi waduk dengan menggunakan persamaan neraca air waduk [16] sebagai berikut:

$$I_i = S_{i+1} - S_i + X_i + E_i + SO_i \quad (1)$$

dengan:

S_i = volume tampungan waduk pada awal periode i
S_{i+1} = volume tampungan waduk pada awal periode i+1
X_i = pelepasan waduk pada periode i
I_i = Inflow waduk pada periode i
E_i = penguapan (evaporasi) waduk pada periode i
= e_i x A_i
e_i = laju evaporasi pada periode i
A_i = luas permukaan genangan air waduk pada periode i
SO_i = limpasan waduk pada periode i

2.2. Laju Sedimentasi Waduk

Laju sedimentasi waduk dapat diprediksi berdasarkan besarnya laju erosi lahan di daerah tangkapan airnya, berdasarkan debit sedimen layang dari sungai-sungai yang masuk ke waduk atau berdasarkan hasil pengukuran bathimetri waduk. Untuk penelitian ini laju sedimentasi akan diprediksi berdasarkan hasil pengukuran debit sedimen layang dari anak-anak sungainya dan berdasarkan pengukuran bathimetri waduk.

2.2.1. Prediksi laju sedimentasi berdasarkan sedimen layang

Berdasarkan pengukuran sedimen layang di sungai yang masuk waduk akan diperoleh besarnya debit aliran dan konsentrasi sedimen pada tiap waktu pengukuran. Menurut [5] debit sedimen dihitung dengan Persamaan (2).

$$Q_s = 0{,}0864 Q_w C \quad (2)$$

dengan:

Q_s = debit sedimen harian (ton/hari)
Q_w = debit aliran saat itu (m^3/ detik)
C = konsentrasi sedimen di lapangan (mg/liter)

Kemudian dicari persamaan hubungan antara Q_w dan Q_s sehingga diperoleh persamaan lengkung laju sedimennya.

Besarnya sedimentasi per-bulan dihitung dengan menggunakan teknik *load interval flow-duration* (**Tabel 1**) dengan prosedur sebagai berikut:

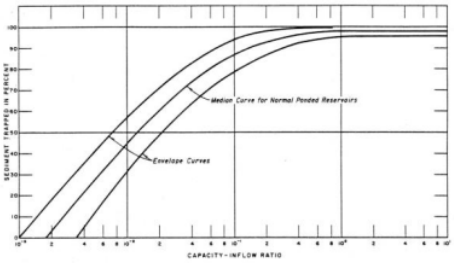
a. Debit harian pada tiap bulan diurutkan dari besar ke kecil dan dihitung prosentasenya berdasarkan urutannya
b. Data debit dimasukkan ke **Tabel 1** pada kolom 4 sesuai prosentase nilai tengah pada kolom 3
c. Debit sedimen dihitung dengan Persamaan (3) berdasarkan besarnya debit pada kolom 4
d. Total Qw merupakan perkalian dari interval (kolom 2) dengan debit aliran
e. Total Qs merupakan perkalian dari interval (kolom 2) dengan debit sedimen
f. Besarnya debit aliran dan debit sedimen layang per-bulan dihitung dengan menjumlahkan semua baris pada kolom 6 dan 7. Debit sedimen layang per-tahun dapat dihitung dengan menjumlahkan debit sedimen layang dari Bulan Jan – Des

Tabel 1. *Load interval flow-duration* [17]

Batas	Interval	Nilai Tengah	Debit aliran	Debit sedimen	Total Qw	Total Qs
%	%	%	m^3/dt	ton/hari	m^3/dt	ton/hari
1	2	3	4	5	6	7
0,00 - 0,02	0,02	0,01				
0,02 - 0,1	0,08	0,06				
0,1 - 0,5	0,4	0,3				
0.5 - 0,75	0,25	0,63				
0,75 - 1,5	0,75	1,13				
1,5 - 5,0	3,5	3,25				
5,0 - 15	10	10				
15 - 25	10	20				
25 - 35	10	30				
35 - 45	10	40				
45 - 55	10	50				
55 - 65	10	60				
65 - 75	10	70				
75 - 85	10	80				
85 - 95	10	90				
95 - 98,5	3,5	96,75				
98,5 - 99,5	1	99				
99,5 - 99,9	0,4	99,7				
99,9 - 99,98	0,08	99,94				
99,98 - 100	0,02	99,99				
jumlah						

Untuk mendapatkan besarnya sedimen layang yang mengendap di waduk, maka debit sedimen layang yang diperoleh harus dikalikan dengan besarnya *trap efficiency*. *Trap efficiency* diperoleh dari **Gambar 1** berdasarkan nilai perbandingan antara kapasitas tampungan waduk dan inflow waduk. Laju

sedimentasi merupakan penjumlahan dari besarnya sedimen layang dan sedimen dasar yang mengendap di waduk. Besarnya sedimen dasar yang mengendap di waduk dihitung berdasarkan prosentase muatan dasar terhadap muatan suspensi dengan menggunakan **Tabel 2**.



Gambar 1. Kurva trap efficiency [5]

Tabel 2. Prosentase muatan dasar terhadap muatan suspense [5]

Konsentrasi sedimen suspense (mg/liter)	Jenis Bahan Dasar Sungai	Tekstur dari material suspensi	Prosentase muatan dasar terhadap muatan suspensi total (%)
< 1.000	Pasir	20 % - 50 % pasir	25 – 150
1.000 – 7.500	Pasir	20 % - 50 % pasir	10 – 35
> 7.500	Bukan pasir termasuk lempung padat, kerikil, batubara	< 20 % pasir	5 – 15
Sembarang konsentrasi	Lempung dan lanau	Tanpa pasir	< 2

2.2.2. Prediksi laju sedimentasi berdasarkan bathimetri waduk

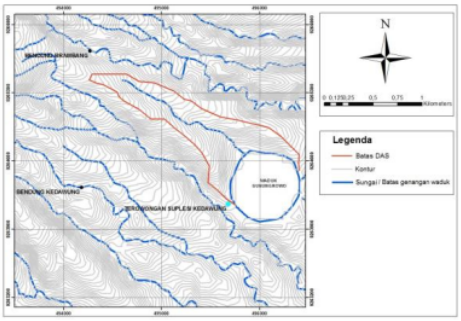
Berdasarkan data pengukuran bathimetri waduk antara 2 periode pengukuran dapat dicari selisih kapasitas tampungannya yang merupakan volume sedimen yang mengendap di waduk.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Secara administrasi Waduk Gunungrowo terletak di Desa Sitiluhur, Kecamatan Gembong, Kabupaten Pati, Propinsi Jawa Tengah, sedangkan secara geografis terletak di 6°39'21,67"LS dan 110°57'55,77" BT. Peta lokasi waduk Gunungrowo dapat dilihat pada **Gambar 2**. Luas DTA Waduk Gunungrowo adalah 0,73 km^2. Fungsi Waduk Gunungrowo adalah untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada musim tanam II dan musim tanam III. Waduk Gunungrowo mendapatkan air dari Saluran Irigasi Brambang, Saluran Irigasi Kedawung dan DTA sekitar waduk (**Gambar 3**). Aliran dari Saluran Irigasi Brambang bergabung dengan aliran dari DTA sekitar waduk, sedangkan aliran dari Saluran Irigasi Kedawung langsung menuju waduk melalui outlet tersendiri.

Gambar 2. Lokasi penelitian



Gambar 3. Peta DTA Waduk Gunungrowo

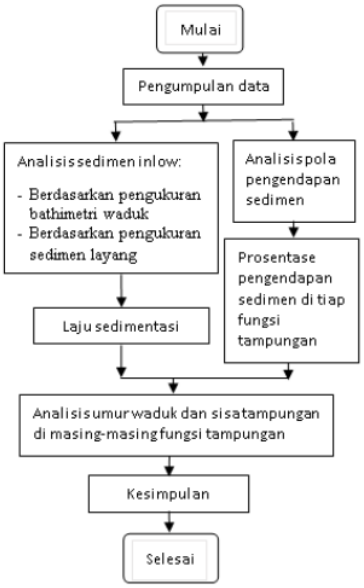
3.2. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data Primer dan sekunder. Data primer berupa pengukuran debit dan konsentrasi sedimen disaluran irigasi untuk mendapatkan lengkung laju debit-sedimen. Data sekunder berupa data teknis waduk, kapasitas tampungan waduk, pengukuran bathimetri waduk; data hidrologi, klimatologi, dan topografi; data sungai – sungai dan fasilitas di bagian hulu waduk; data kebutuhan air; data catatan pengoperasian waduk; laporan studi terdahulu yang terkait. Data sekunder diperoleh dari Balai Besar Pemali Juana.

3.3. Tahapan Analisis

Analisis yang dilakukan pertama adalah analisis pola pengendapan sedimen yang telah terjadi berdasarkan hasil pengukuran bathimetri waduk, kemudian dilanjutkan dengan analisis

besarnya sedimen yang masuk waduk (sedimen inflow). Sedimen inflow dianalisis menggunakan dua metode yaitu berdasarkan hasil pengukuran bathimetri waduk dan berdasarkan pengukuran debit sedimen layang. Debit sedimen layang diukur pada dua lokasi yaitu pada Saluran Irigasi Kedawung dan pada Sungai Jonggol yang merupakan gabungan aliran dari Saluran Irigasi Brambang dan DTA sekitar waduk. Analisis yang terakhir adalah analisis umur waduk, yang dihitung berdasarkan berapa lamanya tampungan mati terisi penuh sedimen dengan berdasarkan pola pengendapan sedimen eksisting. Bagan alir penelitian selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 4**.

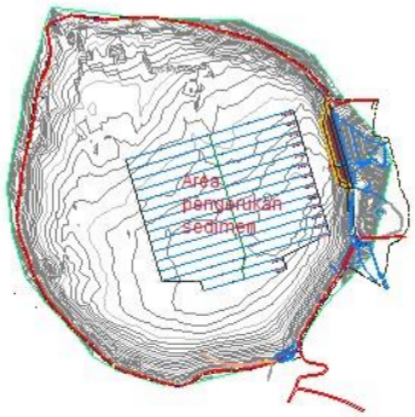


Gambar 4. Bagan alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran bathimetri Waduk Gunungrowo seperti pada **Gambar 5** [18]**,** diperoleh kapasitas tampungan waduk pada tahun 2015, baik sebelum ada pengerukan maupun sesudah ada pengerukan (**Tabel 3**). Berdasarkan **Tabel 3** dan **Gambar 6** dapat dilihat pada kondisi tahun 2015 sebelum dikeruk telah terjadi pengurangan kapasitas tampungan baik di tampungan mati maupun di tampungan efektif karena sedimentasi. Hal ini sesuai dengan pendapat [3], [4] dan [5] bahwa sedimen mengendap di seluruh permukaan tampungan waduk melalui beberapa proses yang sudah dijelaskan pada bagian pendahuluan.

Sedimentasi yang terjadi sebesar 0,24 juta m^3 (**Tabel 4**) selama 90 tahun atau 2.666,67 m^3/tahun. Sedimen yang berasal dari DTA sekitar waduk kecil karena luas DTA kecil hanya 73 ha. Sedangkan yang dari saluran irigasi juga sangat kecil, karena sebelum air sungai dengan muatan sedimen masuk ke saluran irigasi maka akan melewati intake terlebih dahulu, di saluran penghantar depan intake sedimen dengan butiran kasar akan mengendap sehingga sedimen halus saja yang bisa lolos masuk ke intake. Kemudian air dengan sedimen yang lebih halus akan melewati kantong lumpur, kantong lumpur akan mengendapkan sedimen halus ini sehingga air yang masuk saluran primer mempunyai muatan sedimen yang relatif sangat kecil. Proses seperti ini bisa menjadi gagasan baru dalam penanganan sedimen untuk diaplikasikan di waduk lainnya. Dimana penanganan yang ada sekarang ini adalah dengan *check dam*, *check dam* akan mengendapkan sebagian muatan sedimen terutama sedimen yang berbutir kasar sementara sedimen yang lolos chekdam akan terbawa masuk ke waduk. Dengan mengadopsi proses di Waduk Gunungrowo maka perlu ada suatu bangunan untuk mengendapkan sedimen dengan butiran yang lebih halus yang lolos dari *check dam* sebelum kemudian air masuk ke waduk. Dengan model seperti ini diharapkan pengendapan sedimen lebih optimal seperti di Waduk Gunungrowo.

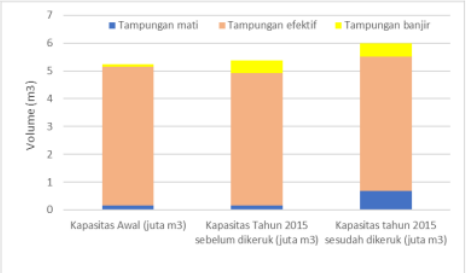


Gambar 5. Peta bathimetri Waduk Gunungrowo tahun 2015 [18]

Berdasarkan **Tabel 4**, distribusi pengendapan sedimen yang terjadi adalah 1,67 % mengendap di tampungan mati dan 98,3 % mengendap di tampungan efektif. Pada kondisi tahun 2015 sesudah dikeruk terjadi penambahan kapasitas tampungan di semua fungsi tampungan, penambahan tampungan terbesar ada di tampungan mati yaitu sebesar 88,59 % (**Tabel 5**). Berdasarkan pola pengendapan sedimen yang terjadi pada tahun 2015 hampir semua sedimen mengendap di tampungan efektifnya, sehingga sedimen yang terjadi di tampungan efektif seharusnya yang lebih banyak dikeruk untuk mengembalikan kapasitas tampungannya dan supaya fungsi layanan tetap optimal. Tetapi pengerukan yang terbesar dilakukan di tampungan matinya bahkan kapasitas tampungan mati menjadi lebih besar dari kondisi awal.

Tabel 3. Kapasitas tampungan Waduk Gunungrowo pada kondisi awal dan kondisi tahun 2015

No.	Uraian	Kapasitas Awal (juta m^3)	Kapasitas Tahun 2015 sebelum dikeruk (juta m^3)	Kapasitas tahun 2015 sesudah dikeruk (juta m^3)
1	Tampungan banjir elv. +321	0,16	0,156	0,676
2	Tampungan normal elv. +320	5	4,76	4,83
3	Tampungan minimal elv. +307,7	0,09	0,47	0,491
3	Tampungan mati elv. +306	0,09	0,47	0,491
3	Tampungan efektif	0,09	0,47	0,491
3	Tampungan banjir	0,09	0,47	0,491



Gambar 6. Perubahan kapasitas tampungan Waduk Gunungrowo pada tiap fungsi tampungan

Dengan bertambahnya kapasitas tampungan Waduk Gunungrowo sesudah dikeruk maka perlu dihitung sampai berapa lama lagi waduk dapat melayani kebutuhan. Sumber sedimen yang masuk Waduk Gunungrowo adalah dari saluran irigasi Brambang, Saluran Irigasi Kedawung dan DTA sekitar waduk. Oleh karena keterbatasan data bathimetri yang ada maka akan dihitung juga laju sedimentasi berdasarkan angkutan sedimen layangnya. Untuk itu harus dihitung dahulu besarnya inflow waduk.

Tabel 4. Sedimentasi Waduk Gunungrowo sampai dengan tahun 2015

Tampungan	Volume sedimen	
	juta m^3	%
Tampungan mati	0,004	1,67
Tampungan efektif	0,236	98,33
Tampungan banjir	0	0
Jumlah	**0,240**	**100,00**
Laju sedimentasi	**2,666,67**	**m^3/tahun**

Tabel 5. Penambahan tampungan sesudah pengerukan sedimen tahun 2015

Tampungan	Penambahan tampungan	
	juta m^3	%
Tampungan mati	0,520	88,59
Tampungan efektif	0,066	11,38
Tampungan banjir	0,001	0,03
Jumlah	**0,587**	**100**

Berdasarkan data laporan harian waduk periode tahun 2004 – 2015 dihitung debit harian menggunakan Persamaan (1), kemudian dicari nilai rata-rata debit harian untuk masing-masing bulan. Pengambilan sampel sedimen layang dilakukan pada bulan Februari tahun 2017. Pada penurunan persamaan lengkung laju sedimen dilakukan penggabungan data, dengan pertimbangan tidak tersedianya proporsi debit pada masing-masing outlet dan besarnya konsentrasi sedimen yang tidak berbeda jauh. Persamaan lengkung laju sedimen yang didapat adalah sebagai berikut:

$$Q_s = 228{,}99 Q_w^{\,2{,}6344} \qquad (3)$$

Dengan menggunakan debit harian dan persamaan lengkung laju sedimen ini kemudian dihitung debit sedimen layang dengan teknik *load interval flow-duration*, hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Besarnya sedimen layang yang mengendap di waduk dihitung dengan mengalikan besarnya debit sedimen layang dengan trap efficiency. Berdasarkan **Gambar 1** dengan ratio C/I sebesar 0,82 (**Tabel 6**) diperoleh besarnya trap efficiency 0,99, sehingga sedimen layang yang mengendap di waduk sebesar 2.317,83 m^3/tahun. Prosentase muatan dasar terhadap muatan suspensi (layang) diperoleh dari **Tabel 2**. Sampel sedimen yang didapat mempunyai konsentrasi lebih kecil dari 1.000 mg/liter, sedangkan material dasar dari sungai/ saluran pasir dan tekstur material suspensi dominan lempung dan lanau, oleh karena itu diambil prosentase muatan dasar terhadap muatan suspensi sebesar 25 %. Sehingga diperoleh besarnya sedimen dasar yang mengendap di waduk sebesar 578,56 m^3/tahun dan laju sedimentasi 2.892,8 m^3/tahun (**Tabel 6**).

Tabel 5. Debit sedimen layang

Bulan	Debit Aliran		Debit Sedimen Layang	
	m^3/dt	m^3	ton/hari	m^3
Jan	0,52	1.398.051,14	59,73	1.157,33
Feb	0,36	876.260,28	27,33	478,36
Mar	0,23	615.479,33	6,58	127,39
Apr	0,21	541.300,36	4,42	82,87
Mei	0,16	417.463,30	2,28	44,13
Juni	0,13	347.233,61	1,87	35,07
Juli	0,14	362.501,02	1,60	30,96
Ags	0,13	350.252,30	5,46	105,74
Sept	0,09	243.393,79	1,13	21,20
Okt	0,08	221.213,73	3,00	58,09
Nop	0,04	105.313,10	0,07	1,36
Des	0,19	504.968,42	10,26	198,74
Jumlah	2,28	5.983.430,37	123,73	2.341,24

Laju sedimentasi yang diperoleh berdasarkan debit sedimen layangnya (**Tabel 6**) lebih besar daripada laju sedimentasi yang diperoleh dari bathimetri waduk (Tabel 4), dengan selisih 226,13 m^3/tahun. Sehingga untuk perhitungan umur waduk akan digunakan nilai laju sedimentasi rata-rata sebesar 2.779,735 m^3/tahun.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2009) umur layanan ditinjau dari berapa lamanya tampungan mati terisi sedimen maka berdasarkan besarnya kapasitas tampungan mati yang tersedia (sesudah waduk dikeruk) sebesar 0,676 juta m^3 dibagi dengan laju sedimentasi diperoleh umur layanan 243 tahun. Akan tetapi tidak semua sedimen mengendap di tampungan matinya sehingga perlu diprediksi pengendapan sedimen yang terjadi dengan mengikuti pola pengendapan eksisting. Apabila sedimentasi dihitung untuk 243 tahun kedepan dan pola pengendapan sedimen mengikuti pola pengendapan sedimen eksisting maka diperoleh distribusi pengendapan sedimen seperti pada **Tabel 7**.

Tabel 6. Perhitungan laju sedimentasi berdasarkan debit sedimen layang

No	Uraian	Satuan	Nilai
1	Debit sedimen layang	m^3/tahun	2.341,24
2	Kapasitas waduk (C)	Juta m^3	4,83
3	Inflow tahunan (I)	Juta m^3	5,87
4	C/I		0,82
5	Trap efisiensi	%	99
6	Sedimen layang yang mengendap di waduk	m^3/tahun	2.317,83
7	Prosentase sedimen dasar	%	25

8	Sedimen dasar yang mengendap di waduk	m^3/tahun	578,56
9	**Laju sedimentasi**	**m^3/tahun**	**2.892,8**

Berdasarkan **Tabel 7**, tampungan mati akan berkurang kapasitasnya sebesar 0,011 juta m^3 dan tampungan efektifnya berkurang kapasitasnya sebesar 0,665 juta m^3. Hal ini berarti Waduk Gunungrowo masih dapat berfungsi hingga berakhirnya umur teknis (100 tahun) dan masih terus akan berfungsi secara berkelanjutan hingga 233 tahun kedepan atau dapat berfungsi hingga 243 tahun kedepan (dari tahun 2015). Yang perlu diperhatikan lebih lanjut adalah adanya pengurangan kapasitas di tampungan efektifnya. Pengurangan kapasitas di tampungan efektifnya akan mengurangi kemampuan waduk dalam melayani kebutuhan air. Sehingga apabila akan dilakukan pengerukan lagi maka tampungan efektif lebih perlu untuk dikeruk sedimennya agar fungsi layanan tetap optimal.

Tabel 7. Distribusi sedimen 243 tahun kedepan

No.	Tampungan	Distribusi	Volume sedimen
		%	Juta m^3
1	Total	100,00	0,676
2	Tampungan Efektif	98,30	0,665
3	Tampungan Mati	1,67	0,011

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Dapat disimpulkan bahwa sesudah dilakukan pengerukan pada tahun 2015 maka umur Waduk Gunungrowo dapat mencapai hingga 243 tahun kedepan. Sedimen lebih banyak mengendap di tampungan efektifnya daripada di tampungan mati, sehingga tampungan efektif lebih perlu untuk dikeruk guna pelayanan yang optimal.

Adapun sarannya jika dilihat dari fungsi tampungannya, umur waduk masih dapat mencapai 243 tahun, maka perlu dipertimbangkan kondisi konstruksi bendungan dan bangunan pelengkapnya guna menunjang fungsi pelayanan yang berkelanjutan.

7. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Undip yang telah mendanai penelitian ini melalui Skim Riset Pengembangan dan Penerapan (RPP). Terimakasih juga kepada BBWS Pemali Juana yang telah memberikan data-data yang diperlukan.

8. DAFTAR PUSTAKA

[1] Shiami, F.A.R, Lasminto, U., & Wardoyo, W., "Laju Sedimentasi pada Tampungan Bendungan Tugu Trenggalek", *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 2, pp. D125-D130, 2017.

[2] Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Konstruksi dan Bangunan Sipil: Survey dan Monitoring Sedimentasi Waduk*, Dirjen SDA, 2009.

[3] Simon, D.B. & Senturk, F., *Sediment Transport Technology: Water and Sediment Dynamics*, Water Resources Publications, 1992.

[4] Simoes, F.J.M., & Yang, C.T., *Sediment Modeling for Rivers and Reservoir, Erosion and Sedimentation Manual*, USBR, 2008.

[5] Morris, G.L., & Fan, J., *Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use (p. 10.6)*. McGraw Hill, 1997.

[6] Tatipata, W.H., Soekarno, I., Sabar, A., & Legowo, S., "Analisis Volume Sedimen yang Mengendap Setelah T-Tahun Waduk Beroperasi (Studi Kasus: Waduk Cirata)", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 22, no. 3, pp. 235- 242, 2015.

[7] Santosa, T.J.I.B., "Analysis of Sedimentation in Wonogiri Reservoir", *Journal of the Civil Engineering Forum*, vol. 2, no. 1, pp. 27-31, 2016.

[8] Achsan, Bisri, M., & Suhartanto, E., "Analisis Kecenderungan Sedimentasi Waduk Bili-bili Dalam Upaya Keberlanjutan Usia Guna Waduk", *Jurnal Teknik Pengairan,* vol. 6, no. 1, pp. 30-36, 2015.

[9] Andriawati, I.D., Rispiningtati, & Pitojo Tri Juwono, P.T., "Efektifitas Kegiatan Pengerukan Sedimen Waduk Wonogiri Ditinjau Dari Nilai Ekonomi", *Jurnal Teknik Pengairan,* vol. 6, no. 1, pp. 55-65, 2015.

[10] Huang, J., Greimann, B., & Kimbrel, S., "Simulation of Sediment Flushing in Paonia Reservoir of Colorado", *J. Hydraul. Eng.*, vol. 145, no. 12, pp. 06019015 -1 - 06019015 -7, 2019.

[11] Chamoun, S., De Cesare, G., & Schleiss, A.J., "Influence of Operational Timing on the Efficiency of Venting Turbidity Currents", *J. Hydraul. Eng.*, vol. 144, no. 9, pp. 04018062-1 04018062-13, 2018.

[12] Li, W., Yang, S., Xiao, Y., Fu, X., Hu, J., & Wang, T., "Rate and Distribution of Sedimentation in the Three Gorges Reservoir,

Upper Yangtze River", *J. Hydraul. Eng.*, vol. 144, no. 8, pp. 05018006-1 - 05018006-14, 2018.
[13] Amat, M., Pallu, M.S., & Munir, A., "Submerged Barrier As A Sediment Trapper In A Reservoir", *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)*, Issue 9, Vol. 2, pp. 36-40, 2015.
[14] Yuwono, E., & Sabaruddin, M., "Kajian Pengerukan Waduk Sengguruh Kepanjen Kabupaten Malang", *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 2, no. 1, pp. 46-54, 2016.
[15] Althaus, J.M.I.J., De Cesare, G., & Schleiss, A.J., "Sediment Evacuation from Reservoirs through Intakes by Jet-Induced Flow", *J. Hydraul. Eng.*, vol. 141, no. 2, pp. 04014078-1 - 04014078-9, 2015.
[16] Nandalal, K.D.W. and Bogardi, J.J., *Dynamic Programming Based Operation of Reservoirs: Applicability and Limits*, New York: Cambridge University Press, 2007.
[17] Yang, C.T., *Sediment Transport Theory and Practice*, McGraw Hill, 1996.
[18] BBWS Pemali Juana, *Laporan Akhir Rencana Pengelolaan Bendungan Gunungrowo*, CV. Studi Teknik, 2015

Prediksi Umur Waduk Gunungrowo Setelah Pengerukan

ORIGINALITY REPORT

14%	14%	1%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.scribd.com Internet Source	3%
2	teras.unimal.ac.id Internet Source	3%
3	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	3%
4	ejournal.undip.ac.id Internet Source	1%
5	es.scribd.com Internet Source	1%
6	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
7	e-journal.unmas.ac.id Internet Source	1%
8	Submitted to Culver-Stockton College Student Paper	<1%
9	Submitted to Sultan Agung Islamic University Student Paper	<1%

10	anzdoc.com Internet Source	<1%
11	jurnalth.pusair-pu.go.id Internet Source	<1%
12	bpsda-probolo.jatengprov.go.id Internet Source	<1%
13	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1%
14	iptek.its.ac.id Internet Source	<1%
15	jurnalpengairan.ub.ac.id Internet Source	<1%
16	takk.dsi.gov.tr Internet Source	<1%

Exclude quotes	On	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	On		

Prediksi Umur Waduk Gunungrowo Setelah Pengerukan

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9