

STUDI PENDUGAAN SISA USIA GUNA WADUK SUTAMI DENGAN PENDEKATAN SEDIMENTASI

Jadfan Sidqi Fidari¹, Mohammad Bisri², Ery Suhartanto²

¹Mahasiswa Program Magister dan Doktor Teknik Pengairan,

²Dosen Fakultas Teknik Jurusan pengairan.

e-mail: quackerzunk@gmail.com.

ABSTRAK

Waduk sutami adalah waduk terbesar yang dikelola oleh Perum Jasa Tirta I. waduk ini telah beroperasi selama lebih dari 39 tahun (beroperasi tahun 1972 dan data terakhir sebagai acuan tahun 2011). Studi ini dilakukan adalah untuk mengetahui tren debit sedimen dan mengetahui berapa sisa usia guna Waduk Sutami yang masih tersisa selama operasional waduk.

Data yang dipergunakan sebagai analisa adalah data selama kurun waktu 6 tahun dan data tahun 1972 sebagai pembandingan. Titik tinjau sebagai sumber sedimen pada Waduk Sutami dibagi menjadi dua titik sedimen dengan *inflow* langsung ke Waduk Sutami (Sungai Metro) dan *outflow* Waduk Sengguruh (Sungai Brantas dan Sungai Lesti). Ketiga titik tersebut dilakukan perhitungan debit sedimen untuk mengetahui titik pembawa sedimen paling berpengaruh pada Waduk Sutami. Sisa usia guna Waduk Sutami dihitung menggunakan tiga metode pendekatan. Pendekatan volume, pendekatan elevasi, dan pendekatan empiris.

Titik tinjau yang memiliki pengaruh paling besar adalah dari Sungai Brantas (*inflow* Waduk Sengguruh) dengan $Q_s = 2,27$ kg/dt (2011), kemudian dari Sungai Metro dengan $Q_s = 1,97$ kg/dt (2011). Berdasarkan hasil analisa sisa usia guna Waduk Sutami dengan menggunakan tiga metode pendekatan, maka dapat diketahui tren usia guna Waduk Sutami cenderung mengalami penurunan. Titik elevasi kontrol (+233,3 m) dengan pendekatan elevasi dan volume memberikan hasil sisa usia guna 5 tahun dan 1,5 tahun, sedangkan pendekatan empiris dengan *trap efficiency* 97% memberikan hasil sisa usia guna 9 tahun.

Kata kunci: Waduk Sutami, Sedimentasi, Usia guna waduk

ABSTRACT

Sutami Dam is a dam with the largest reservoir with managed by Perum Jasa Tirta I. This reservoir has been operating for more than 39 years (operates in 1972 and using reference to recent data in 2011). This study was performed to determine the trend of sediment discharge and reservoir live time in order to find out how the rest of the remaining Sutami reservoir for reservoir operations.

Data analysis is used as the data for 6 years period and in 1972 data for comparison. Point source of sediment in the reservoir is divided into two points, Sutami sediments by direct inflow to the the Sutami Reservoir (Metro River) and outflow from Sengguruh Reservoirs (Brantas River and Lesti River). The third point is the calculation of sediment discharge to determine the most influential point sediment carrier in Sutami Reservoir. Reservoir live time to the rest of Sutami calculated using three methods of approach. Volume approach, elevation approach, and empirical approaches.

The point that has the most impact is of the Brantas River (inflow from Sengguruh Reservoir) with $Q_s = 2.27$ kg/sec (2011), then from the Metro River with $Q_s = 1.97$ kg/sec (2011).). Based on the analysis of the remaining life time for Sutami Reservoir using three methods of approach, it is known to Sutami Reservoir live time trends tend to decrease. Elevation control point (+233.3 m) with elevation approach and volume approach gives results for the remaining life of 5 years and 1.5 years, while the empirical approach with 97% trap efficiency give results 9 years for the remaining life time of Sutami Reservoir.

Key words: *Sutami Reservoir, Sedimentation, Reservoir Live Time*

1. PENDAHULUAN

Waduk Sutami merupakan salah satu waduk besar yang berada pada Provinsi Jawa Timur. Lokasi waduk ini terletak di Desa Karangates, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang. Lokasi waduk berada pada Sungai Brantas, ±14 km di hilir Waduk Sengguruh dan ±35 km disebelah selatan kota Malang. Waduk Sutami dilaksanakan mulai tahun 1961 sampai tahun 1972.

Menurut yang dikutip dari halaman Bisnis-Indonesia pada tanggal 11 januari 2011 menyebutkan bahwa daya tampung sejumlah waduk (bendungan) di wilayah Perum Jasa Tirta (PJT) I turun hingga 50% dari kapasitas desain awal saat waduk mulai beroperasi. Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari halaman resmi Perum Jasa Tirta (PJT) I tanggal 3 Oktober 2012 yang menyatakan bahwa menyatakan kondisi sedimentasi di sembilan waduk harian dan tahunan parah, sehingga mengurangi daya tampung, kondisi itu terjadi akibat degradasi lahan, deforestasi, dan alih fungsi hutan di hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Brantas menjadi lahan pertanian (<http://www.jasatirta1.co.id>).

Adapun upaya-upaya yang telah dilakukan pihak terkait permasalahan diatas adalah dengan upaya teknis dan non teknis. Upaya non teknis dalam hal ini adalah upaya konservasi dan penghijauan pada daerah Brantas hulu, sedangkan untuk upaya teknis adalah dengan melakukan pengerukan secara

berkala untuk mempertahankan fungsi tumpangan waduk.

Berdasarkan permasalahan tersebut diatas maka dibutuhkan kajian secara khusus guna mengetahui seberapa besar sedimentasi yang terjadi Sehingga untuk mengestimasi endapan sedimen pada waduk dilakukan dengan menghitung besarnya angkutan sedimen yang terjadi pada waduk tersebut.

Adapun permasalahan khusus untuk tinjauan penelitian adalah:

1. Tinjauan tren debit sedimen dan persamaan debit sedimen pada titik tinjau (titik Sungai Metro, Sungai Brantas, dan Sungai Lesti).
2. Sisa usia guna Waduk Sutami setelah beroperasi selama 39 tahun (dengan data terakhir tahun 2011).

Dengan diketahui berapa tren debit, titik pengaruh sedimen, dan sisa usia guna waduk, instansi terkait dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai rekomendasi dalam pemeliharaan Waduk Sutami.

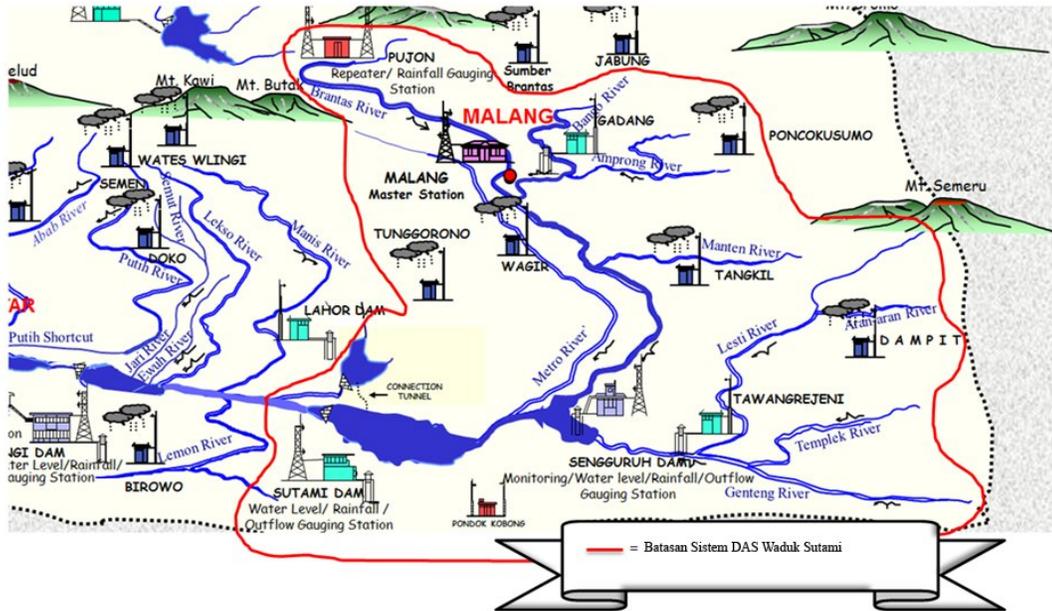
2. BAHAN DAN METODE

a. Bahan

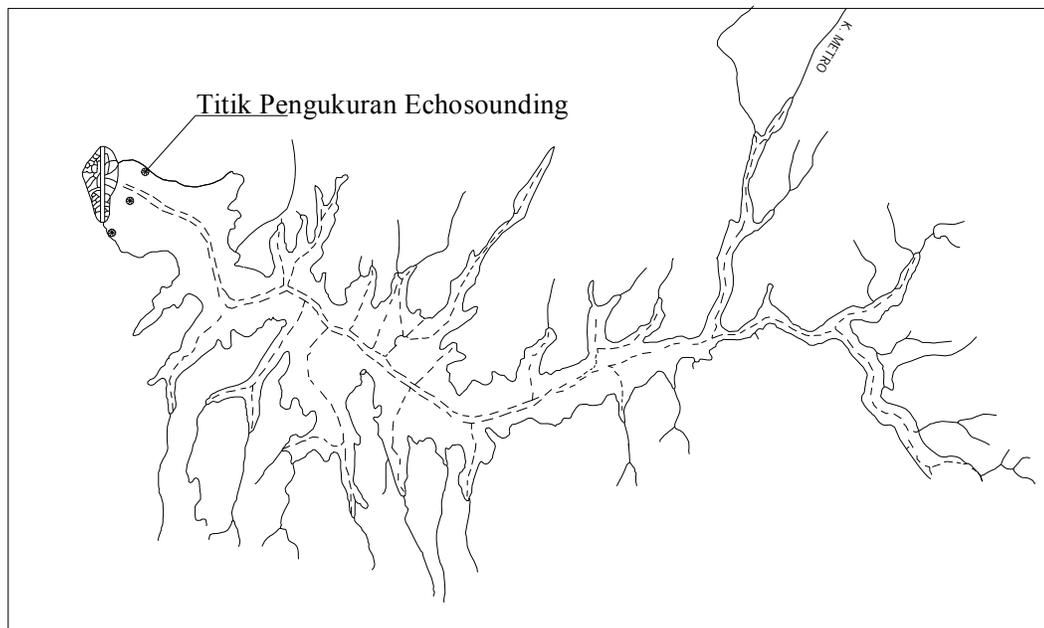
Analisa pada studi sedimen ini menggunakan beberapa data antara lain:

- Data debit
 - Data debit titik Tawangrejeni selama 3 tahun (2010-2012).
 - Data debit titik Gadang selama 3 tahun (2010-2012).
 - Data debit *inflow* harian Waduk Sengguruh selama 10 tahun (2001 - 2011).

- Data debit *inflow* harian Waduk Sutami selama 10 tahun (2001 – 2011).
 - Data sampel *suspended load* selama 2 tahun.
 - Data laboratorium sedimen pada Waduk Sengguruh dan Waduk Sutami pada tahun terakhir.
 - Data peta luas genangan
 - Data titik *spoil bank* pengerukan Waduk Sutami.
 - Data *Echosounding* 5 tahun.
- Lokasi Waduk Sutami dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Lokasi Waduk Sutami dan Sistem DAS Waduk Sutami



Gambar 2. Denah Waduk Sutami

b. Metode

Analisa yang pertama adalah mengenai korelasi antara penambahan debit yang terjadi pada sungai dengan penambahan debit sedimen (*suspended load*).

Korelasi ini umumnya ditunjukkan sebagai kurva rata-rata sedimen. Data secara normal diplot pada kertas logaritmis, dengan debit sedimen sebagai absis dan debit air sebagai ordinat. Kemudian suatu garis yang mendekati digambar melalui titik-titik yang diplot, atau dapat juga dibuat persamaan secara matematis dengan metode-metode yang telah ada, misalnya metode least square (umumnya persamaannya adalah $Q_s = aQ^b$), metode-metode regresi, atau juga dengan interpolasi.

Muatan layang (*suspended load*) dapat juga dihitung dengan menggunakan metode USBR (United State Bureau Reclamation) dimana untuk menghitung angkutan muatan layang, diperlukan pengukuran debit air (Q_w) dalam m^3/dt , yang dikombinasikan dengan konsentrasi sedimen (C) dalam mg/l , yang menghasilkan debit sedimen dalam ton/hari dihitung dengan persamaan (Strand, 1982 : 7):

$$Q_s = 0,0864 C.Q_w \dots\dots(1)$$

Dari perhitungan, dibuat lengkung aliran sedimen yang merupakan garis regresi antara angkutan sedimen dan debit air dengan persamaan :

$$Q_s = a.Q_w^b \dots\dots(2)$$

Dimana

Q_s = Debit sedimen (Ton/hari)

C = konsentrasi sedimen (mg/liter)

Q_w = Debit aliran (m^3/dt)

0,0864 adalah faktor perubahan unit

Pendekatan yang dipergunakan dalam memperhitungkan usia guna waduk adalah dengan metode :

1) Pendekatan kenaikan volume

2) Pendekatan empiris

$$T = V / (L.S.E) \dots\dots (3)$$

Dengan :

T = Usia guna waduk (tahun)

V = Volume tampungan mati (m^3)

L = Luas DAS (km^2)

S = Intensitas erosi = V_s/L

V_s = Volume sedimen rata-rata yang masuk ke waduk ($m^3/tahun$)
= W_s / γ_d

W_s = Berat sedimen rata-rata yang masuk ke waduk (ton/tahun)

γ_d = Berat isi kering endapan sedimen
= $0,963 \text{ ton}/m^3$

E = Efisiensi tangkapan waduk (%)

3) Pendekatan dengan kenaikan elevasi

Tahapan Metode yang dilakukan :

1. Perhitungan mengenai debit sedimen yang terjadi

2. Analisa *trap efficiency* .

a. Setelah mendapatkan perhitungan mengenai *sediment delivery ratio* selanjutnya tahapan yang dilakukan adalah melakukan analisa mengenai *trap efficiency*. Pada tahapan ini dimaksudkan agar kita mengetahui besar sedimen yang mengendap dan menjadi tampungan mati pada waduk.

b. Setelah diketahui kisaran dari *trap efficiency* selanjutnya adalah menganalisa mengenai usia guna waduk dan tingkat perubahan sedimen dalam kurun waktu antara 1972 – 2011.

3. Perhitungan mengenai berkurangnya kapasitas waduk :

Perhitungan mengenai berkurangnya kapasitas tampungan waduk menggunakan nilai akumulasi sedimen yang terjadi di waduk dengan menggunakan persamaan volume trapesium

4. Proses kalibrasi perhitungan :

Dari hasil perhitungan yang dilakukan terhadap berkurangnya tampungan waduk secara empiris dengan data pengukuran yang ada dilapangan, proses kalibrasi meliputi:

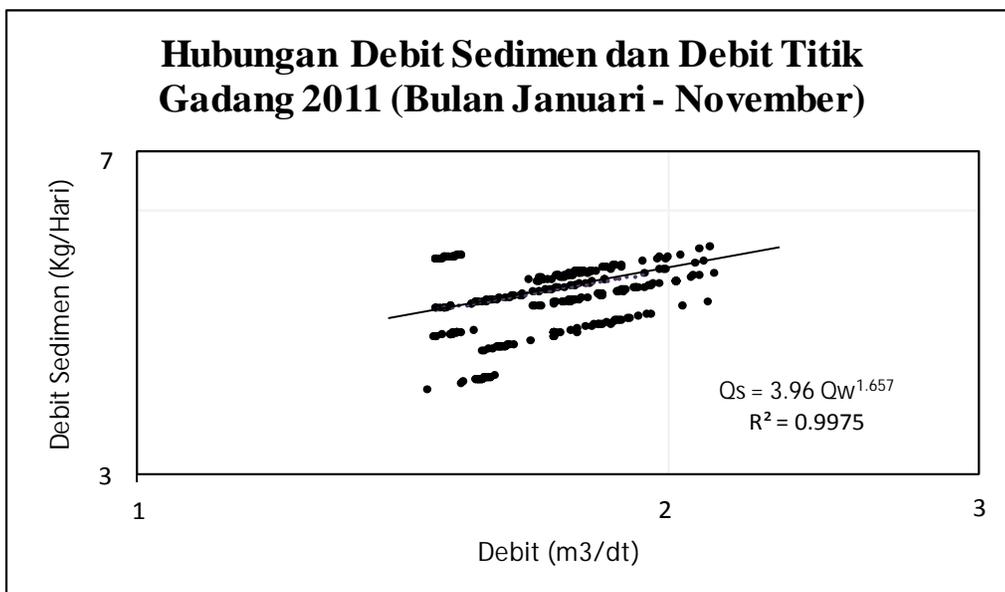
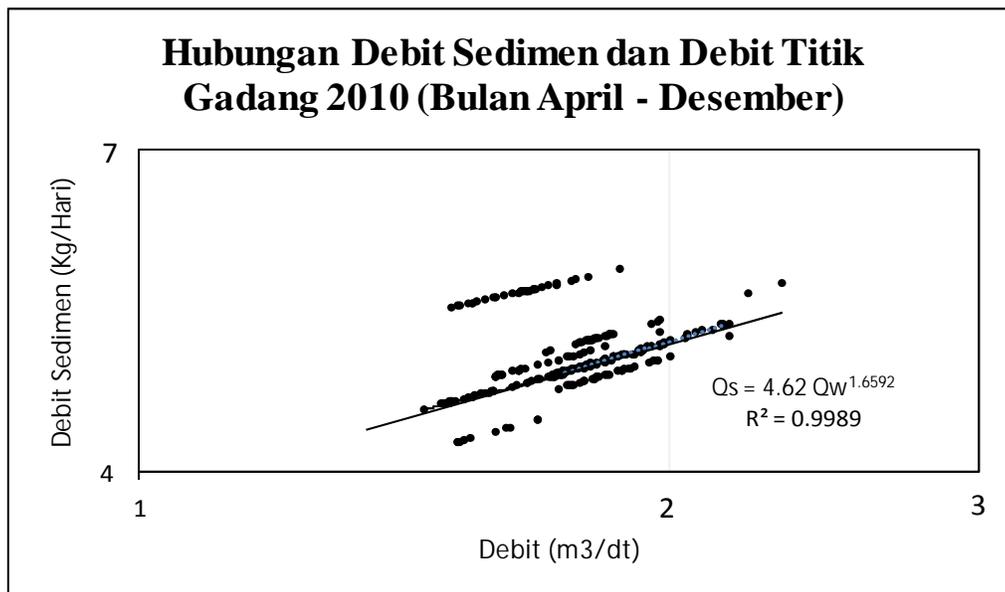
- a. Membandingkan luasan genangan waduk dari hasil perhitungan dengan data *Echosounding*.
 - b. Analisa pengendapan sedimen terhadap perubahan luasan waduk.
5. Analisa mengenai usia guna waduk. Dari hasil perhitungan yang dilakukan maka kita lakukan perhitungan untuk memprediksi sisa usia guna waduk untuk dapat beroperasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Debit Sedimen

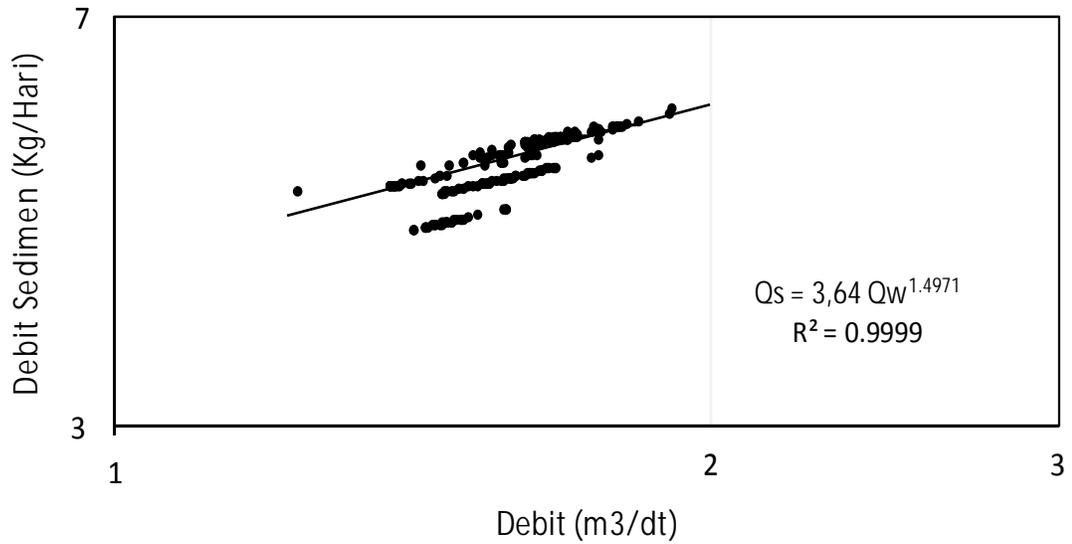
Dari data debit yang diperoleh dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2).

Dari hasil perhitungan tersebut kita plot kedalam grafik logaritmik kemudian kita cari korelasi persamaan debit dengan sedimen yang terjadi pada titik yang bersangkutan.

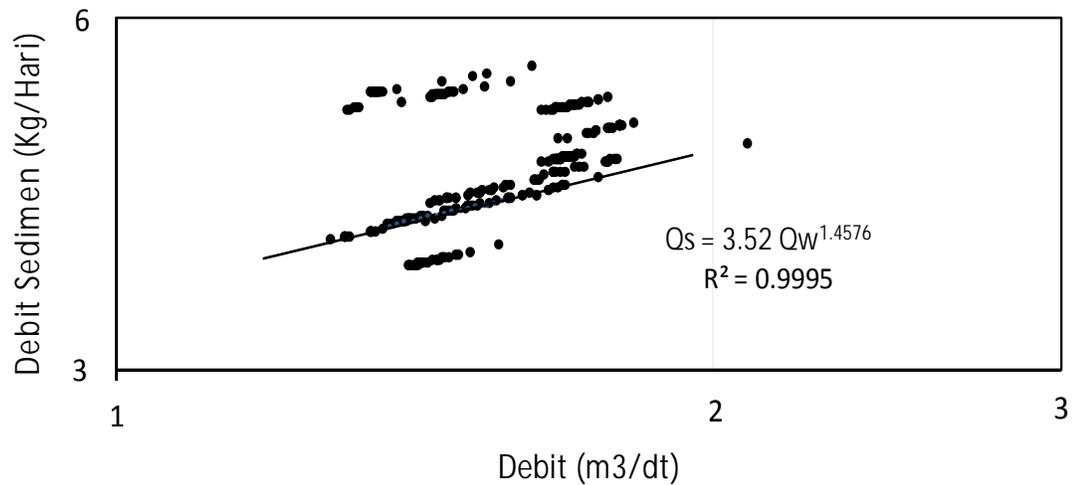


Gambar 3. Grafik Hubungan Debit Sedimen dan Debit Titik Gadang

Hubungan Debit Sedimen dan Debit Titik Tawangrejeni 2010 (Bulan April - Desember)

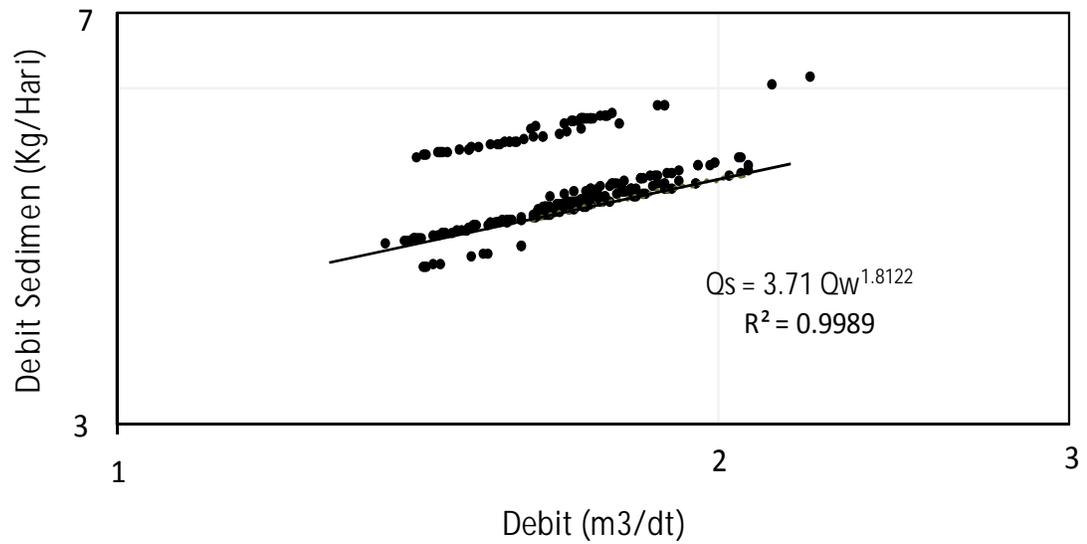


Hubungan Debit Sedimen dan Debit Titik Tawangrejeni 2011 (Bulan Januari - November)

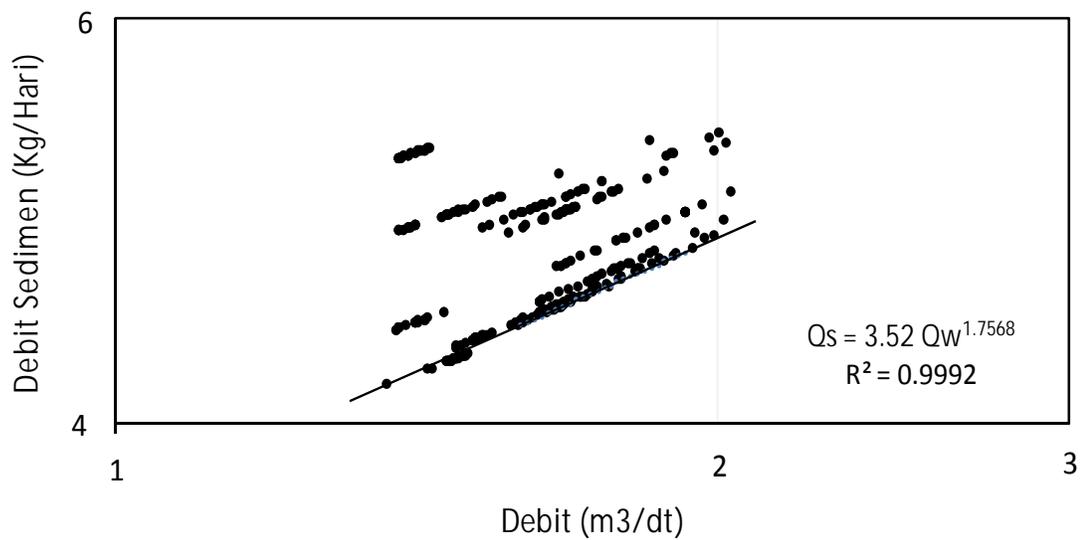


Gambar 4. Grafik Hubungan Debit Sedimen dan Debit Titik Tawangrejeni

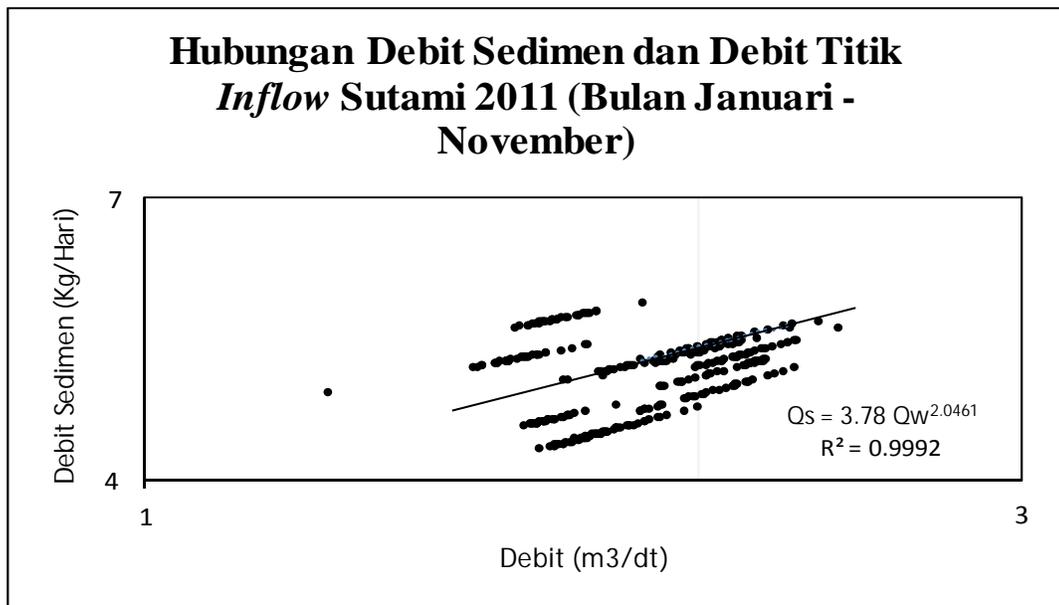
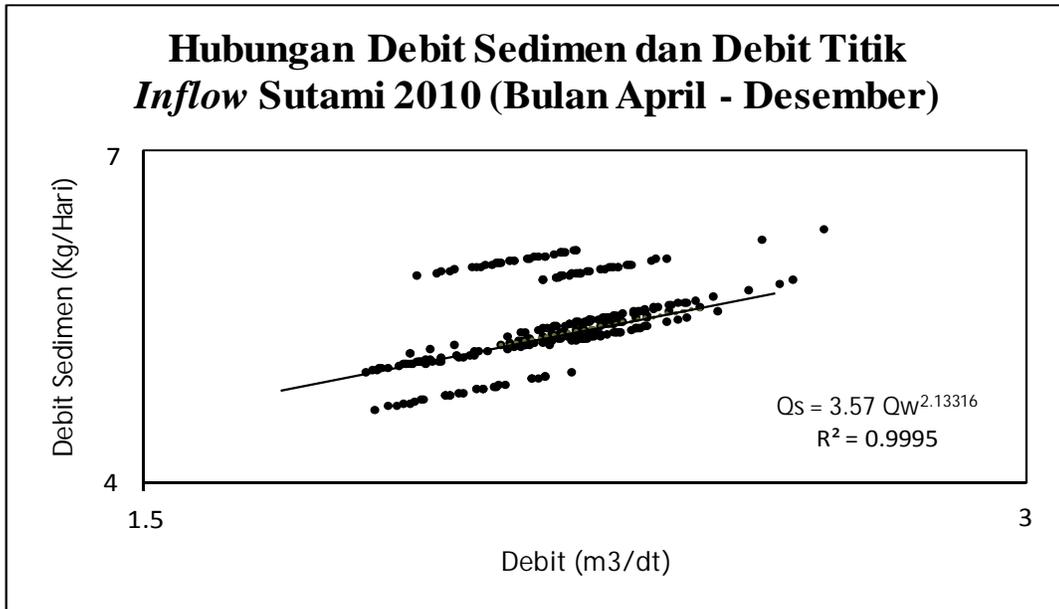
Hubungan Debit Sedimen dan Debit Titik Metro 2010 (Bulan April - Desember)



Hubungan Debit Sedimen dan Debit Titik Metro 2011 (Bulan Januari - November)



Gambar 5. Grafik Hubungan Debit Sedimen dan Debit Titik Metro



Gambar 6. Grafik Hubungan Debit Sedimen dan Debit Titik Inflow Sutami

Dari grafik hubungan antara debit dan debit sedimen (Gambar 1 sampai Gambar 4) didapatkan rasio korelasi mendekati 1, dimana hal tersebut memberikan arti bahwa setiap kenaikan debit maka akan menyebabkan bertambahnya pula debit sedimen pada sungai yang bersangkutan.

Dari korelasi tersebut didapatkan persamaan sebagai berikut :

1. Titik Stasiun Gadang
 Persamaan debit sedimen (2010)
 $Q_s = 4.62 Q_w^{1.6592}$ ($R^2 = 0.9989$)
 Persamaan debit sedimen (2011)
 $Q_s = 3.96 Q_w^{1.657}$ ($R^2 = 0.9975$)
2. Titik Stasiun Tawangrejeni
 Persamaan debit sedimen (2010)
 $Q_s = 3,64 Q_w^{1.4971}$ ($R^2 = 0.9997$)
 Persamaan debit sedimen (2011)
 $Q_s = 3.52 Q_w^{1.4576}$ ($R^2 = 0.9995$)

3. Titik Stasiun Metro

Persamaan debit sedimen (2010)

$$Q_s = 3.71 Q_w^{1.8122} \quad (R^2 = 0.9989)$$

Persamaan debit sedimen (2011)

$$Q_s = 3.52 Q_w^{1.7568} \quad (R^2 = 0.9992)$$

4. Titik Pengukuran Inflow

Persamaan debit sedimen (2010)

$$Q_s = 3.57 Q_w^{2.13316} \quad (R^2 = 0.9995)$$

Persamaan debit sedimen (2011)

$$Q_s = 3.78 Q_w^{2.0461} \quad (R^2 = 0.9992)$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan menggunakan debit sedimen diperoleh besaran sedimen maksimum harian sebagai berikut :

- Titik Gadang
(Tahun 2010) : 3,34 kg/dt
(Tahun 2011) : 2,27 kg/dt
- Titik Tawangrejeni
(Tahun 2010) : 2,45 kg/dt
(Tahun 2011) : 1,81 kg/dt
- Titik Metro
(Tahun 2010) : 5,60 kg/dt
(Tahun 2011) : 1,97 kg/dt
- Titik *Inflow* Waduk Sutami
(Tahun 2010) : 7,47 kg/dt
(Tahun 2011) : 3,65 kg/dt

Jika kita bandingkan hasil ketiga titik tersebut dengan data AWLR (*Automatic Water Level Recorder*) inflow Waduk Sutami ketiga titik tersebut memberikan gambaran dimana titik sedimen terbesar berasal.

Untuk Waduk Sengguruh debit sedimen terbesarnya berasal dari sungai brantas hulu (titik kontrol gadang), sedangkan pada Waduk Sutami debit sedimen terbesar berasal dari Sungai Metro.

b. Usia Guna

Adapun data teknis yang dipergunakan dalam operasi Waduk Sutami antara lain:

Data Teknis Waduk Karangates :

Luas Basah	= 15 km ²
Luas DAS	= 2050 km ²
Vol Bruto	= 343 Juta m ³
Vol Netto	= 253 Juta m ³

Elevasi Kontrol :

Elv. Min = +233,3 m (elv. dasar intake PLTA)

Elv. Max = +272,5 m (elv. tampungan efektif)

Elv. Max = +277 m (elv. tampungan banjir)

MOL (Minimum Operation Level)

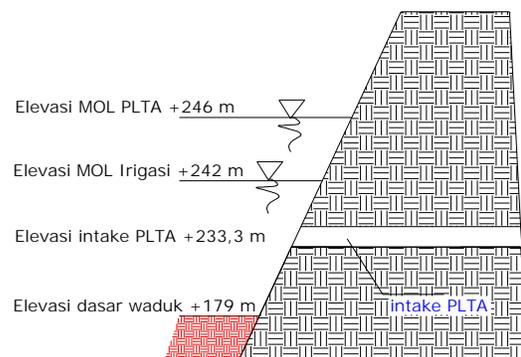
Turbin = + 246 m

Irigasi = + 242 m

Bangunan Utama

Elv Puncak = + 279, 0 m

Elv Dasar = + 179,0 m



Gambar 7. Kondisi Elevasi Waduk Sutami

Dengan menggunakan data teknis diatas dilakukan perhitungan untuk memperkirakan usia guna Waduk Sutami dengan pendekatan :

1. Pendekatan Kenaikan Elevasi

Berdasar kondisi penampang melintang sungai dapat dihitung kenaikan elevasi sedimen. Waktu pencapaian ketinggian dapat dihitung :

$$\frac{Elv.kontrol - Elv.dasar}{\Delta H_{pertahun}}$$

Untuk perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1 sampai Tabel 3.

2. Pendekatan Persamaan Empiris

Dengan menggunakan persamaan (3) dihitung waktu sisa usia guna Waduk Sutami setelah beroperasi selama 39 Tahun. Perhitungan pendekatan empiris dapat dilihat pada Tabel 4.

3. Pendekatan Volume
 Volume terhadap elevasi kontrol (+246) di dapatkan (dari hasil pengukuran).
 Volume tahun 2011 = 23.175.256,26 m³
 Volume Tampung sedimen = 90 juta m³
 Volume tumpukan mati telah terisi = 90.000.000,00 – 23.175.256,26
 = 66.824.743,7 m³

Laju sedimen masuk pada tumpukan mati
 = $\frac{90.000.000 - 23.175.256,26}{39}$
 = 1.713.454,968 m³/tahun
 Maka, sisa usia waduk Sutami
 = $\frac{23.175.256,26}{1.713.454,968}$
 = 13,5 tahun
 Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 1. Perhitungan Usia Guna Berdasar Kenaikan Elevasi pada Elevasi+233,3 m

Tahun	Elevasi Min	Kenaikan Elv (ΔH)	Periode	ΔH per tahun	Elevasi Kontrol (+233.3)	Waktu mencapai Elv Kontrol
	(m)	(m)	(Tahun)	(m)	(m)	(Tahun)
1977	205.50					
2002	222.60	17.10	25.00	0.68	10.70	15.65
2003	222.52	-0.08	1.00	-0.08	10.78	-138.21
2004	224.33	1.81	1.00	1.81	8.97	4.96
2006	224.45	0.12	2.00	0.06	8.85	147.50
2007	224.30	-0.15	1.00	-0.15	9.00	-60.00
2011	225.36	1.06	4.00	0.27	7.94	29.87

Sumber : Perhitungan

Tabel 2. Perhitungan Usia Guna Berdasar Kenaikan Elevasi pada Elevasi +242 m

Tahun	Elevasi Min	Kenaikan Elv (ΔH)	Periode	ΔH per tahun	Elevasi Kontrol (+242)	Waktu mencapai Elv Kontrol
	(m)	(m)	(Tahun)	(m)	(m)	(Tahun)
1977	205.50					
2002	222.60	17.10	25.00	0.68	19.40	28.37
2003	222.52	-0.08	1.00	-0.08	19.48	-249.74
2004	224.33	1.81	1.00	1.81	17.67	9.76
2006	224.45	0.12	2.00	0.06	17.55	292.50
2007	224.30	-0.15	1.00	-0.15	17.70	-118.00
2011	225.36	1.06	4.00	0.27	16.64	62.60

Sumber : Perhitungan

Tabel 3. Perhitungan Usia Guna Berdasar Kenaikan Elevasi pada Elevasi +246 m

Tahun	Elevasi Min	Kenaikan Elv (ΔH)	Periode	ΔH per tahun	Elevasi Kontrol (+246)	Waktu mencapai Elv Kontrol
	(m)	(m)	(Tahun)	(m)	(m)	(Tahun)
1977	205.50					
2002	222.60	17.10	25.00	0.68	23.40	34.22
2003	222.52	-0.08	1.00	-0.08	23.48	-301.03
2004	224.33	1.81	1.00	1.81	21.67	11.97
2006	224.45	0.12	2.00	0.06	21.55	359.17
2007	224.30	-0.15	1.00	-0.15	21.70	-144.67
2011	225.36	1.06	4.00	0.27	20.64	77.66

Sumber : Perhitungan

Tabel 4. Perhitungan Sisa Usia Guna Setelah 39 Tahun Beroperasi (Pendekatan Empiris)

E	\bar{d}	Ws	Vs	L	S	V	T	T _{sisa} setelah 39 tahun
	Ton/m ³	Ton/tahun	(Ws/ \bar{d})	m ²	m	m ³	(Tahun)	(Tahun)
				dalam 10 ⁹ m ²		dalam juta m ²		
97.0	1.0	2000.0	2014.50	2.05	9.83E-07	23.175	118.60	79.60
		2799.9	2820.29	2.05	1.38E-06	23.175	84.71	45.71
		3199.9	3223.19	2.05	1.57E-06	23.175	74.12	35.12
		3772.1	3799.56	2.05	1.85E-06	23.175	62.88	23.88
		4205.6	4236.14	2.05	2.07E-06	23.175	56.40	17.40
		4972.1	5008.26	2.05	2.44E-06	23.175	47.70	8.70
63.4	1.0	2000.0	2076.80	2.05	1.01E-06	23.175	176.09	137.09
		2799.9	2907.52	2.05	1.42E-06	23.175	125.78	86.78
		3199.9	3322.88	2.05	1.62E-06	23.175	110.06	71.06
		3772.1	3917.07	2.05	1.91E-06	23.175	93.36	54.36
		4205.6	4367.16	2.05	2.13E-06	23.175	83.74	44.74
		4972.1	5163.15	2.05	2.52E-06	23.175	70.83	31.83
88.6	1.0	2000.0	2076.80	2.05	1.01E-06	23.175	125.88	86.88
		2799.9	2907.52	2.05	1.42E-06	23.175	89.92	50.92
		3199.9	3322.88	2.05	1.62E-06	23.175	78.68	39.68
		3772.1	3917.07	2.05	1.91E-06	23.175	66.74	27.74
		4205.6	4367.16	2.05	2.13E-06	23.175	59.86	20.86
		4972.1	5163.15	2.05	2.52E-06	23.175	50.64	11.64
79.4	1.0	2000.0	2076.80	2.05	1.01E-06	23.175	140.60	101.60
		2799.9	2907.52	2.05	1.42E-06	23.175	100.43	61.43
		3199.9	3322.88	2.05	1.62E-06	23.175	87.87	48.87
		3772.1	3917.07	2.05	1.91E-06	23.175	74.54	35.54
		4205.6	4367.16	2.05	2.13E-06	23.175	66.86	27.86
		4972.1	5163.15	2.05	2.52E-06	23.175	56.55	17.55
82.0	1.0	2000.0	2076.80	2.05	1.01E-06	23.175	136.09	97.09
		2799.9	2907.52	2.05	1.42E-06	23.175	97.20	58.20
		3199.9	3322.88	2.05	1.62E-06	23.175	85.05	46.05
		3772.1	3917.07	2.05	1.91E-06	23.175	72.15	33.15
		4205.6	4367.16	2.05	2.13E-06	23.175	64.72	25.72
		4972.1	5163.15	2.05	2.52E-06	23.175	54.74	15.74

Sumber : Perhitungan

Keterangan :

- E = Efisiensi tangkapan waduk
- \bar{d} = berat isi kering endapan sedimen (0,963 ton/m³)
- Ws = Berat sedimen rata-rata yang masuk ke waduk (ton/tahun)
- Vs = Volume sedimen rata-rata yang masuk ke waduk (m³/tahun)
- = Ws/ \bar{d}
- L = Luas DPS (km²)
- S = intensitas erosi (Vs/L)
- V = Volume tampungan mati (m³)
- T = Usia guna waduk (tahun)

Tabel 5. Perhitungan Sisa Usia Guna Setelah 39 Tahun Beroperasi (Pendekatan Volume)

Tahun	Vol pada elv +246 m (Juta m ³)	Tamp. Sedimen (Juta m ³)	Tamp Terisi (Juta m ³)	T _{operasi} (Tahun)	Laju Sedimen (Juta m ³ /tahun)	Sisa Usia (Tahun)
2002	30.96	90	59.04	30	1.97	15.73
2003	30.96	90	59.04	31	1.90	16.26
2004	29.46	90	60.54	32	1.89	15.57
2006	27.44	90	62.56	34	1.84	14.91
2007	26.53	90	63.47	35	1.81	14.63
2011	23.18	90	66.82	39	1.71	13.53

Sumber : Perhitungan

Tahun	Vol pada elv +233 m (Juta m ³)	Tamp. Sedimen (Juta m ³)	Tamp Terisi (Juta m ³)	T _{operasi} (Tahun)	Laju Sedimen (Juta m ³ /tahun)	Sisa Usia (Tahun)
2002	5.76	90	84.24	30	2.81	2.05
2003	5.76	90	84.24	31	2.72	2.12
2004	4.97	90	85.03	32	2.66	1.87
2006	4.65	90	85.35	34	2.51	1.85
2007	4.61	90	85.39	35	2.44	1.89
2011	3.42	90	86.58	39	2.22	1.54

Sumber : Perhitungan

Pada Tabel 1 – Tabel 3. kita menghitung berapa kondisi antara lain :

- Tabel 1. kondisi sedimen mulai memenuhi titik elevasi dasar PLTA (elevasi +233,3 m), untuk kolom berwarna biru adalah kondisi waktu dan ketinggian sedimen pada elevasi tersebut tanpa mengalami pengerukan.
- Tabel 2. kondisi sedimen mulai memenuhi titik elevasi MOL (*Minimum Operation Level*) (elevasi +242 m), untuk kolom berwarna biru adalah kondisi waktu dan ketinggian sedimen yang terjadi pada elevasi MOL (*Minimum Operation Level*) untuk irigasi tanpa mengalami pengerukan.
- Tabel 3. kondisi sedimen mulai memenuhi titik elevasi MOL (*Minimum Operation Level*) (elevasi +246 m), untuk kolom berwarna biru adalah kondisi waktu dan ketinggian sedimen yang terjadi pada elevasi MOL (*Minimum Operation Level*) untuk PLTA tanpa mengalami pengerukan.

Pada perbandingan tersebut dapat diketahui bahwa kenaikan sedimen pada elevasi kontrol tersebut sangat cepat terutama pada elevasi dasar PLTA (+23,3 m).

Tabel 4. adalah pendekatan perhitungan pendugaan usia guna waduk dengan metode numeris (Persamaan 3). Pada tabel tersebut digunakan perhitungan menggunakan berbagai rasio *trap efficiency* (E) yang berlainan pada Waduk Sutami. Pada Tabel 2. Juga

menggambarkan jika intensitas erosi (S) semakin besar maka usia guna Waduk Sutami juga akan semakin berkurang.

Tabel 5. Merupakan pendekatan ketiga untuk pendekatan usia guna waduk menggunakan metode perubahan volume. Pada pendekatan volume diperoleh bahwa sedimen yang masuk ke dalam Waduk Sutami menyebabkan perubahan volume pada elevasi kontrol, dalam hal ini dipergunakan elevasi +233,3 sebagai titik elevasi terendah operasi dan elevasi +246 sebagai titik tertinggi operasi. Walaupun laju sedimen berkurang namun tingkat usia guna tetap mengalami penurunan yang cukup mengkhawatirkan. Hal ini disebabkan adanya pengendapan sedimen pada dasar Waduk Sutami.

4. KESIMPULAN

Dari analisa yang dilakukan didapatkan hasil antara lain sebagai berikut :

1. Untuk *inflow* sedimen tersuspensi pada ketiga titik tinjau (titik Tawang rejeni, Gadang, dan Metro), didapatkan bahwa sumber sedimen terbesar berasal dari Sungai Metro dengan debit sedimen pada tahun 2010 : 5,60 kg/dt dan pada tahun 2011 : 1,97 kg/dt. Dari perhitungan tren sedimen mengalami perubahan seiring dengan bertambahnya debit air pada sungai – sungai yang menuju ke waduk.

2. Sisa usia guna Waduk Sutami menggunakan metode :
- Pendekatan Elevasi.
Elevasi +233,3 m : Sisa Usia guna waduk 4,96 tahun.
Elevasi +242 m : Sisa Usia guna waduk 9,76 tahun.
Elevasi +246 m : Sisa Usia guna waduk 11,97 tahun.
 - Pendekatan Empiris.
Trap efficiency 97% sisa usia guna waduk 8,7 tahun.
Trap efficiency 88,6% sisa usia guna waduk 11,64 tahun.
Trap efficiency 82% sisa usia guna waduk 15,74 tahun.
Trap efficiency 79,4% sisa usia guna waduk 17,55 tahun.
Trap efficiency 63,4% sisa usia guna waduk 31,83 tahun.
 - Pendekatan Volume.
Pada elevasi +233,3 m dengan volume 3,42 juta m³ diperoleh usia sisa usia guna 1,54 tahun.
Pada elevasi +246 m dengan volume 23,18 juta m³ diperoleh usia sisa usia guna 13,53 tahun.
- Dari ketiga pendekatan usia guna, pendekatan yang perlu diperhatikan adalah dari segi pendekatan kenaikan elevasi karena kondisi tersebut dapat digunakan untuk memantau ketinggian sedimen dari intake PLTA pada Waduk Sutami. Hal ini dikarenakan PLTA akan mendapat gangguan dengan adanya sedimen yang turut terbawa masuk kedalam pipa pesat PLTA.

DAFTAR PUSTAKA

1. Brantas, BPDAS. *Statistik BPDAS Brantas 2007*. Jakarta : Kementerian Kehutanan Indonesia: <http://www.dephut.go.id/index.php?q=id/node/3830>
2. Djajasingsa, V. 2012. *Kajian Ekonomi Penanganan Sedimen Pada Waduk Seri Di Sungai Brantas (Sengguruh, Sutami Dan Wlingi)* Tesis tidak diterbitkan Malang: Program Magister Dan Doktor Teknik Pengairan Universitas Brawijaya
3. Jasa Tirta 1. 2012. *Sedimentasi Parah Ancam Kematian Sejumlah Waduk di Jatim*. Malang : Halaman resmi website Jasa Tirta 1 (diakses pada tanggal 3 oktober 2012) http://www.jasatirta1.co.id/berita.php?subaction=showfull&id=1346892511&archive=&start_from=&ucat=6&
4. Limantara, L.M. 2010. *Hidrologi Praktis*. Bandung : CV. Lubuk Agung
5. Morris, G.L., Fan, J. 1997. *Reservoir Sedimentation Handbook*. New york : McGraw- Hill
6. Suroso. 2007. *Studi Pengaruh Sedimentasi Kali Brantas Terhadap Kapasitas Dan Usia Rencana Waduk Sutami Malang* dalam *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol I no. 1. 2007.
7. United States Departement of The Interior Bureau of Reclamation (USBR). 1974. *Design of Small Dams*. New Delhi: A Water Resources Technical Publication, Oxford & IBH Publishing Co.