

# **Pengaruh Laju Sedimentasi Terhadap Fungsi Waduk Serta Penanganan Sedimen Waduk Gebyar di Kabupaten Sragen Propinsi Jawa Tengah**

**Arif Candra Saputra<sup>[1]</sup>, Tri Prandono<sup>[2]</sup>**

<sup>[1]</sup> Alumni Program Studi Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Surakarta, Karyawan DPU Pengairan Kab. Sragen

<sup>[2]</sup> Dosen Program Studi Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Surakarta

Email: [syahid.sabilil@gmail.com](mailto:syahid.sabilil@gmail.com), [tri.prandono@gmail.com](mailto:tri.prandono@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Waduk gebyar merupakan sumber air permukaan untuk berbagai kegiatan masyarakat, baik untuk domestik, pariwisata, perikanan maupun irigasi teknik dengan eksiting seluas 1.446 Ha. Daya tampung waduk 701.295 m<sup>3</sup> namun pada saat ini berkurang dikarenakan laju sedimentasi serta berbagai kepentingan masyarakat yang cenderung semakin meningkat. Maka makalah Penelitian ini studi mengenai Laju sedimentasi waduk Gebyar serta penanganannya untuk masa yang akan datang. Adapun langkah penelitian ini adalah Mencari volume aliran rata-rata yang masuk ke waduk ( minimum 10 tahun ), Menentukan volume sedimen rata-rata yang masuk ke waduk ( minimum 10 tahun ). Kemudian menganalisa volume bagian waduk dengan volume aliran rata-rata, Analisa efisiensi tangkapan sedimen rata-rata tiap bagian waduk, selanjutnya Analisa laju sedimen waduk. Hasil analisa perhitungan, Laju sedimentasi waduk Gebyar sebesar 9.299,28 m<sup>3</sup>/tahun, dengan sisa umur waduk  $\pm 75,42$  pertahun, kapasitas waduk saat ini tinggal  $\pm 75,42$  tahun, kapasitas waduk saat ini tinggal 71,43 %, sedangkan besarnya sedimen yang mengendap  $\pm 28,57$  %. Hal ini menunjukkan menurunnya daya tampung air waduk dan ketersediaan air tidak bisa optimal, yang mana akan berakibat terhadap pelayanan irigasi untuk sawah masyarakat.

**Kata kunci :** *sedimentasi, pendangkalan waduk, dan pengurangan volume air.*

## **ABSTRACT**

*Gebyar reservoir is a source of surface water for various community activities, both for domestic, tourism, fisheries and technical irrigation with an existing area of 1,446 hectares. The reservoir's capacity is 701,295 m<sup>3</sup> but currently it is decreasing due to the sedimentation rate and various community interests which tend to increase. So this research paper studies the sedimentation rate of the Gebyar reservoir and its handling for the future. The steps of this research are to find the average volume of flow that enters the reservoir (minimum 10 years), Determine the average volume of sediment that enters the reservoir (minimum 10 years). Then analyze the volume of the reservoir section with the average flow volume, analyze the efficiency of the average sediment capture of each reservoir section, then analyze the reservoir sediment rate. The results of the calculation analysis, the sedimentation rate of the Gebyar reservoir*

*is 9,299.28 m<sup>3</sup>/year, with a remaining reservoir life of  $\pm 75.42$  per year, the current reservoir capacity is  $\pm 75.42$  years, the current reservoir capacity is 71.43%, while the amount of sediment that settles is  $\pm 28.57\%$ . This indicates a decrease in the reservoir's water capacity and the availability of water cannot be optimal, which will result in irrigation services for the community's rice fields.*

**Keywords:** sedimentation, silting of reservoirs, and reduction of water volume.

## 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Sragen merupakan salah satu daerah sentra penghasil beras di Propinsi Jawa Tengah dan penyangga ketahanan pangan nasional, dengan produksi beras sekitar 245.861 Ton/th. Dukungan ketahanan pangan tersebut dimungkinkan adanya pelayanan infrastruktur sumber daya air yang dapat melayani air irigasi pada sawah seluas 32.660 Ha atau 81,57 % dari seluruh areal sawah di Wilayah Kabupaten Sragen seluas 40.039 Ha. Salah satu syarat mempertahankan ketahanan pangan masyarakat Kabupaten Sragen dan menjaga kehandalan sebagai salah satu penyangga ketahanan pangan nasional, di perlukan kehandalan pelayanan air irigasi. Upaya ini harus dilakukan melalui kegiatan Penanganan sarana dan prasarana Bidang Sumber Daya Air Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Sragen, di antaranya adalah waduk Gebyar.

Waduk Gebyar adalah salah satu bangunan waduk dari 7 (tujuh) waduk di kabupaten Sragen yang terletak di sebelah selatan kota Sragen. Tepatnya di Desa Jambeyan, Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen, Propinsi Jawa tengah, dan saat sekarang ini mempunyai fungsi untuk irigasi, perikanan, peresapan air, dan Pariwisata. Waduk Gebyar dibangun pada jaman kolonial Belanda dan selesai pada tahun 1938, yang mana mempunyai fungsi utamanya adalah untuk kemakmuran para petani. Bendung Gebyar adalah Bendung yang berfungsi sebagai pengambilan air untuk mengisi Waduk Gebyar yang letaknya di hulu waduk dengan jarak sekitar 1 kilometer. Saat ini waduk Gebyar tidak bisa berfungsi secara maksimal, karena tampungan airnya berkurang  $\pm 20$  %, yang diakibatkan karena masuknya sedimen ke dalam waduk yang secara otomatis mengurangi volume air waduk.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian sedimen pada suatu bangunan waduk, sangat diperlukan data-data yang lengkap yang dapat diperoleh dari suatu pengamatan yang lengkap, data yang diambil selama minimal 10 (sepuluh) tahun seperti data debit air masuk, data curah hujan, data pengukuran elevasi sedimen waduk dan data daya tampung waduk. Adapun kondisi-kondisi yang mempengaruhi laju sedimentasi pada sebuah bendungan antara lain sebagai berikut,

### a. Kondisi geologi.

Pada data geologi akan diketahui sifat-sifat tanah yang sangat tergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk memberi nama dan klasifikasi tanah sedimen, yang juga berpengaruh terhadap kecepatan laju

sedimentasi. (Sumber : *Nippon Koei Co.,Ltd : Studi Penanganan Sedimentasi di Waduk Serbaguna Wonogiri, tahun 2006*).

b. Kondisi topografi.

Faktor topografi umumnya dinyatakan dalam kemiringan dan panjang lereng. Secara umum erosi akan meningkat dengan meningkatnya kemiringan dan panjang lereng. Pada lahan datar, percikan butiran air hujan melemparkan partikel tanah ke udara, ke segala arah secara acak. Pada lahan miring, partikel tanah lebih banyak terlempar ke arah bawah dari pada yang ke atas, dengan proporsi yang makin besar dengan meningkatnya kemiringan lereng.

c. Kondisi hidrologi

Data hidrologi yang dimaksud disini sebagai data pendukung perhitungan debit sungai dalam kurun waktu tertentu yang digunakan untuk menentukan besarnya volume aliran rata-rata yang masuk ke waduk. Data hidrologi yang didapat berupa data curah hujan harian dan bulanan maksimum dari stasiun pengamatan curah hujan di sekitar sungai Sragen yang dibendung di bendungan Gebyar dan dialirkan ke Waduk Gebyar. Adapun stasiun curah hujan tersebut adalah stasiun Pacet dengan pengamatan yang dilakukan sejak tahun 2011 sampai dengan tahun 2020.

Besarnya curah hujan yang cukup lama akan mempengaruhi besarnya erosi di sepanjang daerah tangkapan (Sumber : *penelitian Erosi / Sedimen di Daerah pengaliran Waduk Kedung Ombo, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, tahun 1987*).

d. Kondisi klimatologi

Data klimatologi diperlukan untuk mengetahui hal yang berkaitan dengan air permukaan antara lain :

1. Debit sungai.
2. Evaporasi permukaan air waduk dan gelombang permukaan.
3. Ketersediaan air didalam waduk untuk irigasi.

Data klimatologi tersebut merupakan hasil dari pemantauan stasiun pengamatan Pacet. (Sumber : *DPUPR Kabupaten Sragen UPTD Perbaikan Jalan dan Irigasi Wilayah Gondang, tahun 2021*).

e. Erosi

Erosi didefinisikan sebagai suatu peristiwa hilang atau terkikisnya tanah yang terangkut dari suatu tempat ke tempat yang lain, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin. Di daerah tropis seperti Indonesia, erosi disebabkan oleh air hujan. Erosi tanah timbul apabila aksi *disperse* dan tenaga pengangkut oleh air hujan yang mengalir di permukaan tanah. Jadi erosi dapat didefinisikan yaitu suatu proses dimana tanah dihancurkan dan kemudian dipindahkan ke tempat lain oleh kekuatan air.

Erosi atau pengikisan adalah proses pelepasan dan pemindahan massa batuan secara alami dari satu tempat ke tempat lain oleh suatu tenaga pengangkut yang ada di permukaan bumi, antara lain air, angin dan gletser.

Erosi merupakan tiga proses yang berurutan, yaitu pelepasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*deposition*) bahan-bahan tanah oleh penyebab erosi. (Asdak, 1995)

Erosi tanah adalah proses / peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh air, angin atau media alami lainnya. Secara umum erosi dapat dikatakan sebagai proses terlepasnya butiran tanah dari induknya di suatu tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin kemudian diikuti dengan pengendapan material yang terangkut di tempat yang lain

Mekanisme terjadinya erosi yaitu dengan adanya turun hujan, air akan mengenai permukaan tanah. Air yang memukul permukaan tanah ini secara langsung dapat menghancurkan butiran-butiran dan sekaligus melepaskan partikel-partikel tanah. Penghancuran agregat dan terlepasnya partikel-partikel tanah merupakan pertanda awal terjadinya erosi. Selanjutnya partikel-partikel yang terlepas akan menutup pori-pori tanah yang ada sehingga bisa menurunkan kemampuan tanah untuk menyerap air. Dengan tertutupnya pori-pori tanah, maka air tidak masuk ke dalam tanah. Sehingga terjadilah aliran permukaan. Aliran permukaan ini yang akan membawa lapisan tanah atas ke tempat yang lebih rendah, kemudian mengendap.

f. Iklim.

Faktor iklim yang mempengaruhi terjadinya erosi adalah hujan, suhu udara dan kecepatan angin. Curah hujan merupakan faktor iklim yang paling besar pengaruhnya (Baver 1956). Karakteristik hujan yang mempunyai pengaruh terhadap erosi tanah meliputi jumlah atau kedalaman hujan, intensitas, dan lamanya hujan. Kelembaban udara dan radiasi ikut berperan dalam mempengaruhi suhu udara, demikian juga kecepatan angin menentukan kecepatan arah jatuhnya butiran hujan.

Besarnya curah hujan menentukan kekuatan *dispersi* (penyebaran) hujan terhadap tanah. Jumlah curah hujan rata-rata yang tinggi tidak selalu menyebabkan erosi yang jika kelebatannya rendah, demikian juga kalau kelebatannya tinggi terjadi dalam waktu yang singkat mungkin juga hanya menyebabkan sedikit terjadinya erosi karena jumlah hujannya sedikit. Curah hujan yang tinggi dan kelebatan yang tinggi akan mengakibatkan erosi yang besar.

Kemampuan hujan dalam menghancurkan agregat tanah ditentukan oleh *energy* kinetiknya (Hudson, 1976; Kohnke dan Bertrand, 1959). Penelitian yang berbeda menentukan indeks *erosivitas* hujan lain yang erat hubungannya dengan erosi dan aliran permukaan. Hudson (1976) di Rhodesia memperlihatkan bahwa akumulasi *energy kinetic* yang intensitasnya lebih besar dari 25 mm/jam lebih erat hubungannya dengan erosi dibandingkan dengan indeks erosivitas E130. Hujan yang intensitasnya kurang dari 25 mm/jam tidak menimbulkan erosi. (Sumber : Tesis Yuliman Ziliwu : Pengaruh beberapa macam tanaman terhadap aliran permukaan dan erosi – tahun 2002).

g. Tanah.

Interaksi sifat fisik dan kimia tanah menentukan kepekaan tanah itu terhadap terjadinya erosi. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kepekaan erosi adalah:

1. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi laju peresapan (infiltrasi), permeabilitas dan kapasitas tanah menahan air.

2. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi ketahanan struktur tanah terhadap *disperse* dalam pengikisan oleh butir-butir hujan dan limpasan permukaan.

Dengan demikian sifat-sifat tanah yang mempengaruhi erosi adalah tekstur, struktur, kandungan bahan organik dan permeabilitas.

Tanah dengan kandungan debu yang tinggi, liat yang rendah dan bahan organik yang sedikit mempunyai kepekaan erosi yang tinggi. Kepekaan erosi ini disebut *erodibilitas* tanah (K) yang mengindikasikan mudah tidaknya tanah itu tererosi. Semakin tinggi nilai *erodibilitas* semakin mudah tanah itu tererosi dan sebaliknya.

h. Vegetasi.

Vegetasi mempunyai pengaruh yang bersifat melawan terhadap pengaruh faktor-faktor lain yang *erosive* seperti hujan, topografi, dan karakteristik tanah. Pengaruh vegetasi dalam memperkecil laju erosi dapat dijelaskan seperti berikut:

1. Vegetasi mampu menangkap (intersepsi) butiran air hujan, sehingga energi kinetiknya terserap oleh tanaman dan tidak menghantam langsung pada tanah. Pengaruh intersepsi air hujan oleh tumbuhan penutup pada erosi melalui dua cara, yaitu:
  - a. Memotong butir air hujan, sehingga tidak jatuh ke bumi dan memberikan kesempatan terjadinya penguapan langsung dari dedaunan dan dahan.
  - b. Menangkap butiran hujan dan meminimalkan kerusakan terhadap struktur tanah.
2. Tanaman penutup mengurangi energi aliran, meningkatkan kekasaran sehingga mengurangi kecepatan aliran permukaan, dan selanjutnya memotong kemampuan aliran permukaan untuk melepas dan mengangkut partikel tanah.
3. Perakaran tanah dapat mengikat butir-butir tanah, meningkatkan stabilitas dan memperbaiki *porositas* (rembesan) tanah.
4. Aktivitas biologi yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman memberikan dampak positif pada porositas tanah.
5. Tanaman mendorong transpirasi air, sehingga lapisan tanah atas menjadi kering.

i. Manusia

Kegiatan manusia dikenal sebagai salah satu faktor paling penting terhadap terjadinya erosi tanah yang cepat dan intensif. Kegiatan-kegiatan kebanyakan berkaitan dengan perubahan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap erosi, misalnya perubahan penutup tanah akibat penggundulan atau pembabatan hutan untuk permukiman, lahan pertanian, atau gembalaan. Perubahan topografi secara mikro akibat penerapan terasering, penggemburan tanah dengan pengolahan, serta pemakaian *stabilizer* dan pupuk yang berpengaruh pada struktur tanah.

Kegiatan-kegiatan manusia di muka bumi sering mengganggu keseimbangan antara regenerasi (pembentukan) tanah dan laju erosi tanah. Tentu saja terbuka kemungkinan bagi manusia untuk melindungi tanah dari bahaya erosi melalui kegiatan konservasi, seperti penghijauan, *terasering* dan

lain-lain. (Sumber : Tesis Yuliman Ziliwu : Pengaruh beberapa macam tanaman terhadap aliran permukaan dan erosi – tahun 2002).

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah waduk Gebyar yang terletak di Kecamatan Sambirejo, Kabupaten Sragen, Propinsi Jawa Tengah. Untuk keperluan (*input*) yang sangat menentukan adalah data yang cukup lengkap, akurat, aktual, dan berhubungan dengan masalah yang ada. Data primer yakni data sedimen berupa *suspended load* dan *bedload* yang diambil pada lokasi penelitian, adapun data yang diperlukan adalah : debit air masuk, curah hujan, elevasi sedimen, elevasi awal waduk (perencanaan) dan data daya tampung waduk. Data sekunder yakni data yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Pengambilan data sekunder diperoleh berdasarkan acuan dan literatur yang dikumpulkan dan berhubungan dengan materi penelitian.

Cara menghitung besarnya aliran rata-rata yang masuk ke dalam waduk dan menghitung besarnya sedimen rata-rata per tahun yang masuk ke dalam waduk dalam kurun waktu minimal 10 tahun. Dalam menghitung laju sedimen waduk ini penulis menggunakan cara perhitungan dari buku " Metode, Spesifikasi dan Tatacara " Bendung, Bendungan, Sungai, Irigasi, Pantai. Edisi Pertama tahun 2002 yang diterbitkan BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH, yang mana sedimen waduk dibagi menjadi beberapa bagian (bagian waduk ke i). merujuk bagian volume waduk arah vertikal.

Hasil analisis tersebut disesuaikan dengan kapasitas pengolahan yang ada, kemudian dimasukkan dalam saran.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data yang terkumpul bisa dihitung besarnya laju sedimen rata-rata pertahun akan kita ketahui, sehingga dapat diperkirakan hilangnya daya tampung dan berkurangnya fungsi optimal waduk. Dari hasil pengumpulan data yang penulis himpun dari Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Perbaikan Jalan dan Irigasi Wilayah Gondang, didapat volume aliran rata-rata yang masuk ke dalam waduk Gebyar yaitu,

4.1 Perhitungan volume sedimen rata-rata yang mengendap pada tiap bagian waduk.

$$VE_i = Y_{mi} \times VS$$

$$VE_i \ 1 = 93,61 \times 8.457,23 \\ = 7.917,03 \text{ m}^3$$

$$VE_i \ 2 = 91,61 \times 8.457,23 \\ = 7.748.84\text{m}^3$$

$$VE_i \ 3 = 88,05 \times 8.457,23 \\ = 7.446,59\text{m}^3$$

$$VE_i \ 4 = 79,87 \times 8.457,23 \\ = 6.755,96\text{m}^3$$

4.2. Perhitungan selisih volume waduk setiap bagian waduk.

$$V_{di} = V_{Bi} - ( V_{Bi} + 1 )$$

$$\begin{aligned} \text{Vdi } 1 &= 701.295 - 561.036 \\ &= 140.259,00 \text{ m}^3 \\ \text{Vdi } 2 &= 561.036 - 420.777 \\ &= 140.259,00 \text{ m}^3 \\ \text{Vdi } 3 &= 420.777 - 280.518 \\ &= 140.259,00 \text{ m}^3 \\ \text{Vdi } 4 &= 280.518 - 140.259 \\ &= 140.259,00 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### 4.3. Perhitungan lama pengisian endapan sedimen

$$\begin{aligned} \text{TLi} &= \frac{\text{Vdi}}{\text{Vei}} \\ \text{TLi } 1 &= \frac{140.259,00}{17.724,03} \\ &= 7.784,84 \\ &= 18,10 \text{ tahun} \\ \text{TLi } 2 &= \frac{140.259,00}{18.844,15} \\ &= 7.444,15 \\ &= 18,84 \text{ tahun} \\ \text{TLi } 3 &= \frac{140.259,00}{20.755,96} \\ &= 6.755,96 \\ &= 20,76 \text{ tahun} \end{aligned}$$

*Total lama pengisian endapan sedimen = 75.42 tahun*

#### 4.4. Perhitungan laju sedimen waduk

$$\begin{aligned} \text{LS} &= \frac{\text{VW}}{\text{TLi}} \\ \text{LS} &= \frac{701.295,00}{75.42} \\ &= 9.299,28 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Adapun besar pengaruh sedimen terhadap fungsi Waduk Gebyar Sragen ini dapat di hitung dengan prosentase fungsi,

#### 4.5. Perhitungan volume bagian waduk dengan volume aliran rata-rata.

$$\begin{aligned} \text{Xi} &= \frac{\text{VBi}}{\text{VA}} \\ \text{Xi } 1 &= \frac{140.259,00}{701.295,00} = 22,10 \% \\ 2 &= \frac{3.172.608,00}{561.036,00} = 17,68\% \\ 3 &= \frac{3.172.608,00}{420.777,00} = 13,26 \% \\ 4 &= \frac{3.172.608,00}{280.518,00} = 8,84 \% \\ 5 &= \frac{3.172.608,00}{140.259,00} = 4,42 \% \end{aligned}$$

#### 4.6. Perhitungan efisiensi tangkapan sedimen

$$Y_i = 100 \left( 1 - \frac{1}{1 + AX_i} \right)^n$$

$$Y_{i1} = 100 \left( 1 - \frac{1}{1 + (1 \times 22,10)} \right)^{1,5}$$

$$= 93,506 \%$$

$$Y_{i2} = 100 \left( 1 - \frac{1}{1 + (1 \times 17,68)} \right)^{1,5}$$

$$= 91,970 \%$$

$$Y_{i3} = 100 \left( 1 - \frac{1}{1 + (1 \times 13,26)} \right)^{1,5}$$

$$= 89,481 \%$$

$$Y_{i4} = 100 \left( 1 - \frac{1}{1 + (1 \times 8,84)} \right)^{1,5}$$

$$= 84,756 \%$$

$$Y_{i5} = 100 \left( 1 - \frac{1}{1 + (1 \times 4,42)} \right)^{1,5}$$

$$= 72,324 \%$$

4.7. Perhitungan efisiensi tangkapan sedimen rata-rata tiap bagian waduk.

$$Y_{mi} = \frac{1}{2} ((Y_{i+1}) + (Y_i))$$

$$Y_{mi1} = \frac{1}{2} (93,506 + 91,970)$$

$$= 93,61 \%$$

$$Y_{mi2} = \frac{1}{2} (91,970 + 89,481)$$

$$= 91,61 \%$$

$$Y_{mi3} = \frac{1}{2} (89,481 + 84,756)$$

$$= 88,05 \%$$

$$Y_{mi4} = \frac{1}{2} (84,756 + 72,324)$$

$$= 79,87 \%$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut ini :

1. Analisa laju sedimen waduk. Hasil analisa perhitungan, Laju sedimentasi waduk Gebyar sebesar 9.299,28 m<sup>3</sup>/tahun, dengan sisa umur waduk ±75,42 pertahun, kapasitas waduk saat ini tinggal ±75,42 tahun,
2. Kapasitas waduk saat ini tinggal 71,43 %, sedangkan besarnya sedimen yang mengendap ±28,57 %. Hal ini menunjukkan menurunnya daya tampung air

waduk dan ketersediaan air tidak bisa optimal, yang mana akan berakibat terhadap pelayanan irigasi untuk sawah masyarakat

3. Besarnya perubahan areal irigasi dari hasil perhitungan, laju sedimen waduk Gebyar sebesar 9.299,28 m<sup>3</sup>/tahun, sehingga sisa umur waduk tinggal ± 75,42 tahun

## 5.2 Saran

Adapun saran-saran berikut dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian yang mendatang :

1. Perlu adanya sosialisasi kepada masyarakat tentang pentingnya konservasi lingkungan terutama di DAS dan sekitar waduk.
2. Untuk memperkecil laju sedimen perlu disosialisasikan tentang vegetasi/penghijauan dan terasering dengan ditanami rumput gajah pada bagian tebing, sehingga kita mendapat dua manfaat sekaligus.
3. Penggalan dan membuang sediman di waduk bagian hulu dengan menggunakan *excavator* dan *dump truk* perlu dilakukan untuk mengembalikan kapasitas tampungan air waduk.
4. Metode *dredging* perlu dipertimbangkan karena prosesnya harus disertai kehilangan sejumlah air di waduk yang bisa mencapai empat kali volume sedimen yang dipindahkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2016 *Buku Ajar Waktu Mengikuti Perkuliahan*. Universitas Surakarta.
- Asdak, C., 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Metode, Spesifikasi dan tata cara : Bendung, Bendungan, Sungai, Irigasi dan Pantai*. Edisi Pertama.
- Departemen Pekerjaan Umum. *Seminar Nasional Bencana Alam Sedimen*. Yogyakarta, 22 Agustus 2008.
- Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan. 1987. *Penelitian Erosi / Sedimentasi di Daerah Pengaliran Waduk Kedung Ombo*.
- Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Sragen Bidang Sumber Daya Air 2011 *Buku Laporan Debit, Curah Hujan* Jakarta, .
- Legono, D. (2002). *"River Sedimentation, Yogyakarta: Master of Engineering in Natural Disaster Management"*, Yogyakarta.
- Nippon Koei Co.,Ltd. Februari 2006. *Study Penanganan Sedimen di Waduk Serbaguna Wonogiri*. Laporan Kemajuan (3).
- Sucipto, 2007. *Analisis Erosi Yang Terjadi si Lahan Karena Pengaruh Kepadatan Tanah*. Wahana Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang,
- Yuliman Ziliwu. 2002. *Pengaruh Beberapa Macam Tanaman Terhadap Aliran Permukaan dan Erosi*. Tesis: tidak dipublikasikan. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.

