

## **KAJIAN PENGARUH SEDIMENTASI PADA KINERJA PENGOPERASIAN WADUK KEDUNG OMBO**

Anggita Inges Wari, Bimby Octavia Kurniasari, Sumbogo Pranoto <sup>\*)</sup>, Suharyanto <sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

### **ABSTRAK**

*Waduk Kedung Ombo merupakan waduk serbaguna yang difungsikan untuk pengendalian banjir, PLTA, pelayanan irigasi, pelayanan air baku, perikanan dan pariwisata. Untuk memenuhi kebutuhan air (demand), kinerja waduk harus berjalan dengan baik. Namun seiring dengan berjalannya waktu, sedimentasi pada waduk pun meningkat. Permasalahan sedimentasi dapat mempengaruhi kinerja operasi waduk karena jika sedimentasi meningkat, maka tampungan efektif akan berkurang, akibatnya kebutuhan air (demand) tidak dapat dipenuhi. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian lebih lanjut mengenai kinerja pengoperasian Waduk Kedung Ombo, dalam kaitannya dengan sedimentasi yang terjadi. Hasil kajian menunjukkan bahwa pada simulasi metode terbaik (SOP) pada beberapa kondisi sedimen pada tahun ke-0, tahun ke-15, dan tahun ke-27, tidak menunjukkan perbedaan yang besar pada kinerja operasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa sedimentasi tidak terlalu signifikan pengaruhnya terhadap pengoperasian waduk.*

**kata kunci :** *Waduk Kedung Ombo, Pengoperasian Waduk, Sedimentasi Waduk*

### **ABSTRACT**

*Kedung Ombo is a multi-purposes reservoir used for flood control, hydropower generation, irrigation services, raw water supply, fisheries and tourism. To meet the water demand (demand), the performance of the reservoir should run well. Over time, sedimentation in reservoir increases. Sedimentation problems may affect the operating performance of the reservoir. If sedimentation increases, the effective volume will be reduced then as a result water demand (demand) can not be fulfilled. Therefore, a further study on operating performance Kedung Ombo Reservoir in relation to sedimentation is needed . The results showed that the simulation the best method SOP for some conditions of sedimentation, in year-on-0, the 15th year, and year-to-27 is not seen a significant difference from the value of the operating performance. So it can be concluded that sedimentation is not very big significant on the operation of the reservoir.*

**keywords:** *Kedung Ombo Reservoir, Operation of Reservoir, Reservoir Sedimentation*

---

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

**PENDAHULUAN**

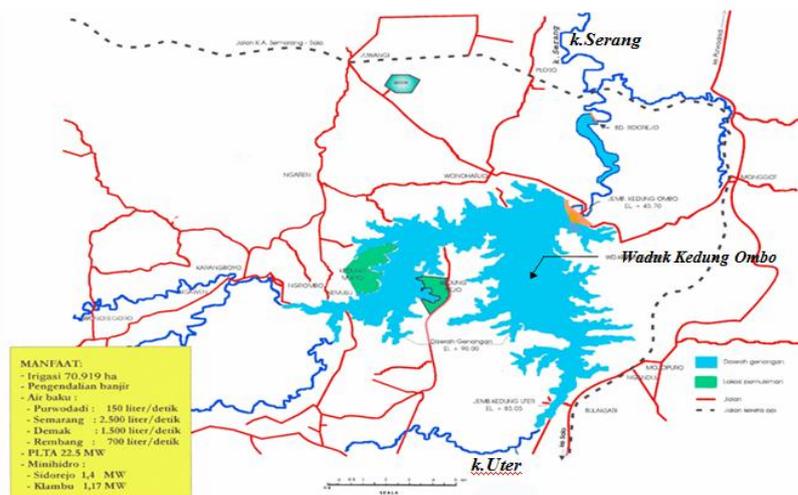
Waduk Kedung Ombo merupakan salah satu waduk serbaguna yang terletak di perbatasan tiga Kabupaten, yakni Kabupaten Sragen, Boyolali dan Grobogan. Waduk Kedung Ombo dibangun pada pertemuan Sungai Uter dan Sungai Serang, serta memiliki fungsi sebagai penyedia air bagi kebutuhan irigasi dan air baku, penghasil tenaga listrik (PLTA), tempat budidaya perikanan dan objek pariwisata serta pengatur debit air untuk mencegah banjir.

Fungsi utama sebuah waduk adalah untuk menciptakan pemerataan aliran air sungai, baik dengan cara menampung persediaan air sungai yang berubah sepanjang tahun maupun dengan melepas air tampungan itu secara terprogram melalui saluran air yang dibuat khusus sesuai kebutuhan (Sidharta, 1997). Oleh karena itu, secara alamiah bahan angkutan sedimen di sungai akan tertampung dan mengendap di dalam waduk, sehingga akan dijumpai peristiwa sedimentasi di waduk. Jika laju sedimentasi lebih besar dari rencana, maka dikhawatirkan kinerja operasi waduk akan menurun sehingga pengoperasian waduk tidak berjalan sebagaimana mestinya.

Berdasarkan uraian tersebut timbul pemikiran untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh sedimentasi terhadap kinerja waduk serbaguna. Penelitian ini akan mengkaji bagaimana pengaruh sedimentasi terhadap kinerja pengoperasian waduk dengan melakukan simulasi pengoperasian waduk pada berbagai pola operasi dan kondisi sedimentasi.

**GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI**

Waduk Kedung Ombo adalah salah satu realisasi dari upaya konservasi air secara teknik sipil dari potensi Sungai Uter dan Sungai Serang. Waduk ini mulai dibangun pada tahun 1985 dan selesai pada tahun 1989, kemudian diresmikan pengoperasiannya pada tahun 1991. Waduk kedung ombo memiliki area seluas 6.576 Ha yang terdiri dari lahan perairan seluas 2.830 Ha dan lahan daratan 3.746 Ha (<http://sragen.go.id>). *Inflow* Waduk Kedung Ombo terdiri dari 2 (dua) sungai utama, Sungai Uter dan Sungai Serang. Peta lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi studi Waduk Kedung Ombo (PT Tera Buana, 2006).

## IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan hasil pengukuran *Echo sounding* tahun 1989 (dilakukan oleh SMEC), tahun 1994 (dilakukan oleh PT. Tera Buana), dan tahun 2003 (dilakukan oleh PSIT UGM), diketahui selama kurun waktu 9 tahun sejak tahun 1994, terjadi pengurangan volume sebesar 7,809 juta m<sup>3</sup> dengan laju sedimentasi 0,868 juta m<sup>3</sup>/tahun (PT. Tera Buana, 2006). Hal tersebut menunjukkan bahwa ada beberapa kemungkinan pengaruh sedimentasi pada tampungan waduk. Dari kemungkinan pengaruh sedimentasi tersebut, maka akan dikaji bagaimana pengaruh sedimentasi pada kinerja pengoperasian waduk.

## LANDASAN TEORI

Dalam studi kali ini, kajian menggunakan 2 (dua) metode kebijakan pengoperasian waduk, yakni metode *rule curve* dan metode *SOP*.

### *Rule Curve*

*Rule Curve* digunakan sebagai pedoman pengoperasian waduk dalam menentukan pelepasan yang diizinkan dan sebagai harapan memenuhi kebutuhan. Akan tetapi pada kenyataannya, kondisi muka air waduk pada awal operasi belum tentu akan sama *rule curve* rencana.

### *Standart Operating Policy (SOP)*

Kebijakan pola pengoperasian waduk berdasarkan *SOP* adalah dengan menentukan *outflow* terlebih dahulu berdasarkan ketersediaan air di waduk dikurangi kehilangan air. Sejauh mungkin *outflow* yang dihasilkan dapat memenuhi seluruh kebutuhan dengan syarat air berada dalam zona kapasitas atau tampungan efektif. Besarnya pelepasan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$RL_t = I_t + S_{t-1} - E_t - S_{maks}, \text{ apabila } I_t + S_{t-1} - E_t - D_t > S_{maks} \dots\dots\dots (1)$$

$$RL_t = I_t + S_{t-1} - E_t - S_{min}, \text{ apabila } I_t + S_{t-1} - E_t - D_t < S_{min} \dots\dots\dots (2)$$

$$RL_t = D_t, \text{ apabila } S_{min} < I_t + S_{t-1} - E_t - D_t < S_{maks} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

$RL_t$  = *Release* waduk pada bulan ke-t (juta m<sup>3</sup>/bulan).

$I_t$  = Debit *inflow* waduk pada bulan ke-t (juta m<sup>3</sup>/bulan).

$S_{t-1}$  = Tampungan waduk awal bulan ke-t (juta m<sup>3</sup>/bulan).

$E_t$  = Evaporasi pada bulan ke-t.

$S_{maks}$  = Tampungan waduk maksimum (juta m<sup>3</sup>/bulan).

$D_t$  = *Demand* pada waktu ke-t.

$S_{min}$  = Tampungan waduk minimum (juta m<sup>3</sup>/bulan).

t = Bulan (1, 2, 3, ..., 12).

Dalam penelitian ini difokuskan pada penentuan pola pengoperasian yang menghasilkan kinerja yang terbaik. Tinjauan keberhasilan pengoperasian tersebut dievaluasi dengan simulasi melalui kajian tentang unjuk kinerja (*performance*) dari waduk, yaitu:

a. Keandalan (*reliability*)

Pemenuhan kebutuhan-kebutuhan air sesuai dengan peruntukannya.

$$Z_t^1 = \begin{cases} 1 & \text{untuk } R_t \geq D_t \\ 0 & \text{untuk } R_t < D_t \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

$$Z_t^2 = \begin{cases} 1 & \text{untuk } R_t \geq D_t \\ \frac{R_t}{D_t} & \text{untuk } R_t < D_t \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

dimana:

$R_t$  = Pelepasan dari waduk pada periode  $t$ .

$D_t$  = Kebutuhan air pada periode  $t$ .

Dalam jangka panjang, kinerja keandalan ( $\alpha$ ) untuk definisi keandalan yang pertama dan kedua masing-masing dapat dihitung:

$$\alpha_1 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Z_t^1 \dots\dots\dots (6)$$

$$\alpha_2 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Z_t^2 \dots\dots\dots (7)$$

dimana:

$n$  = Lama jangka waktu pengoperasian.

nilai  $\sum_{t=1}^n Z_t^1$  = Jumlah total waktu dimana waduk mampu memenuhi demand-nya.

nilai  $\sum_{t=1}^n (1 - Z_t^1)$  = Jumlah total waktu dimana waduk ‘gagal’.

b. Kelentingan (*resiliency*)

Pengukuran kecepatan waduk untuk kembali ke keadaan “*satisfactory*” setelah waduk mengalami keadaan “*unsatisfactory*”.

$$W_t = \begin{cases} 1 & \text{jika } R_t \geq D_t \text{ dan } R_{t-1} < D_{t-1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (8)$$

$$\rho = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n W_t \dots\dots\dots (9)$$

$$T_{gagal} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (1 - Z_t^1)}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n W_t} \dots\dots\dots (10)$$

$$E[T_{gagal}] = \frac{1 - \alpha_1}{\rho} \dots\dots\dots (11)$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{E[T_{gagal}]} = \frac{\rho}{1 - \alpha_1} \dots\dots\dots (12)$$

dimana:

$W_t$  = Masa transisi dari keadaan “gagal” menjadi keadaan “memuaskan”.

- $\rho$  = Jumlah rerata terjadinya masa transisi waduk dari keadaan “gagal” menjadi keadaan “memuaskan”.
- $T_{gagal}$  = Lamanya (jangka waktu) rerata waduk berada di dalam keadaan “gagal” secara kontinyu.
- $E[T_{gagal}]$  = Jangka-waktu rerata waduk berada di dalam keadaan “gagal” secara kontinyu.
- $\gamma_1$  = Kinerja kelentingan.

c. Kerawanan (*vulnerability*)

Pengukuran besar, intensitas, serta frekuensi terjadinya pemenuhan kebutuhan air yang “unsatisfactory”. Untuk mengukur tingkat kerawanan ini digunakan variabel kekurangan (*deficit*) ( $DEF_t$ ) yang didefinisikan sebagai:

$$DEF_t = \begin{cases} D_t - R_t & \text{jika } R_t < D_t \\ 0 & \text{jika } R_t \geq D_t \end{cases} \dots\dots\dots (13)$$

Kinerja kerawanan dapat didefinisikan dengan berbagai penafsiran, diantaranya adalah:

1. Nilai rerata “deficit-ratio”

$$v_1 = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{DEF_t}{D_t}}{\sum_{t=1}^n W_t} \dots\dots\dots (14)$$

2. Nilai maksimum “deficit-ratio”

$$v_2 = \max_t \left\{ \frac{DEF_t}{D_t} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

3. Nilai maksimum “deficit”

$$v_3 = \max_t \{DEF_t\} \dots\dots\dots (16)$$

Untuk melakukan simulasi pengoperasian waduk kondisi sedimentasi tahun 2015, maka terlebih dahulu dicari persamaan hubungan elevasi, volume dan luas genangan. Persamaan tersebut dapat diperoleh dari kurva karakteristik waduk, yang dibuat berdasarkan hasil laju sedimentasi dari persamaan *USLE* dengan membandingkan pengukuran di lapangan (dipilih laju sedimentasi terbesar) maupun didapat dari data pengukuran *echo sounding*.

**Erosi**

Metode *USLE* dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan besarnya erosi untuk berbagai macam kondisi tataguna lahan dan kondisi iklim yang berbeda. Rumus metode *USLE* sebagai berikut:

$$E_a = R \times K \times LS \times C \times P \dots\dots\dots (17)$$

dimana:

- $E_a$  = Banyaknya tanah tererosi per satuan luas per satuan waktu (ton/ha/tahun).
- R = Faktor erosivitas hujan.
- K = Faktor erodibilitas tanah.

- LS = Faktor panjang – kemiringan lereng.  
 C = Faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman.  
 P = Faktor tindakan konservasai praktis.

**Sediment Delivery Ratio (SDR)**

*Sediment Delivery Ratio (SDR)* disebut juga Nisbah pengangkutan Sedimen (NPS) dapat dihitung dengan persamaan (Boyce, 1975):

$$SDR = 0,41 A^{-0,3} \dots\dots\dots (17)$$

dimana:

*SDR* = *Sediment Delivery Ratio*.

A = Luas DAS (Ha).

**Debit Sedimen**

Pengukuran sedimen layang (*suspended load*) dilakukan dengan cara pengambilan sampel air melalui alat *sediment sampler U.S.D.H 48* dengan teknik *depth integrating suspended sediment sampler*. Persamaan debit sedimen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (USB, 1987):

$$Q_s = 0,0864 \times C \times Q \dots\dots\dots (18)$$

dimana:

Q<sub>s</sub> = Debit sedimen layang (ton/hari).

C = Konsentrasi sedimen.

Q = Debit aliran sungai (m<sup>3</sup>/detik).

Selain itu, Borland dan Maddock dari USBR telah menyediakan sebuah tabel untuk memperkirakan besar angkutan *bed load* berdasarkan konsentrasi *suspended load* nya.

**METODE PENELITIAN**

Di dalam penelitian ini, akan dicoba untuk dibandingkan dan dievaluasi kinerja pengoperasian waduk berdasarkan data eksisting, *Standard Operating Policy (SOP)*, dan *Rule Curve*. Adapun metode yang dilakukan dalam penelitian ini dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan beberapa data, yaitu:
2. Menbuat skenario kelompok tahun *inflow* waduk.
3. Menentukan besarnya evaporasi.
4. Menentukan besarnya kebutuhan air (*demand*).
5. Melakukan simulasi pengoperasian waduk berdasarkan data eksisting menggunakan metode *SOP* dan *Rule Curve*.
6. Melakukan analisis kinerja pengoperasian waduk.
7. Diperoleh pola pengoperasian waduk yang paling terbaik.
8. Melakukan simulasi pengoperasian waduk kondisi sedimentasi berdasarkan metode terbaik tahun 1989 (tahun ke-0), 2003 (tahun ke-15) dan tahun 2015 (tahun ke-27).
9. Melakukan analisis kinerja pengoperasian waduk.
10. Membuat kesimpulan terhadap hasil analisis simulasi pengoperasian waduk eksisting dan pengoperasian waduk kondisi sedimentasi.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini dilakukan analisis erosi dan sedimentasi untuk menentukan kurva elevasi- volume – luas genangan. Untuk menentukan kurva tersebut, diambil nilai hasil sedimen yang terbesar diantara metode pengukuran lapangan dan *SDR*. Hasil analisa erosi dan sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Perhitungan *USLE*.

| No | Lokasi            | R (cm)  | K     | LS    | C      | P          | A<br>(ton/ha/tahun) |
|----|-------------------|---------|-------|-------|--------|------------|---------------------|
| 1  | DAS Karangboyo    | 1562,91 | 0,335 | 1,535 | 0,2544 | 0,754      | 154,07              |
| 2  | DAS Gading        | 2028,04 | 0,515 | 2,274 | 0,2531 | 0,773      | 464,80              |
| 3  | DAS Laban         | 1490,97 | 0,515 | 1,539 | 0,2540 | 0,754      | 226,37              |
| 4  | DAS Uter          | 1625,30 | 0,200 | 1,458 | 0,2533 | 0,751      | 90,17               |
| 5  | Waduk Kedung Ombo | 918,907 | 0,356 | 1,400 | 0,2536 | 0,750      | 87,11               |
|    |                   |         |       |       |        | $\Sigma =$ | 1022,52             |

Sumber: Perhitungan.

Tabel 2. Nilai SY pada DAS dan Waduk Kedung Ombo.

| No | Lokasi            | Qs<br>(ton/th) | Qi<br>(ton/th) | A<br>(ton/ha/th) | SDR    | Luas (ha)  | Sy (ton/th) |
|----|-------------------|----------------|----------------|------------------|--------|------------|-------------|
| 1  | Sungai Serang     | 167334,84      | 83667,42       | 845,24           | 0,0148 | 64320,0344 | 804644,79   |
| 2  | Sungai Uter       | 105481,20      | 52740,60       | 90,17            | 0,0219 | 17437,6133 | 34425,795   |
| 3  | Waduk Kedung Ombo | 502004,52      | 251002,26      | 87,11            | 0,0293 | 6576       | 16805,084   |
|    |                   |                |                |                  |        | $\Sigma =$ | 855875,67   |

Sumber: Perhitungan.

Sehingga dapat diperoleh nilai SY total adalah sebesar 855.875,672 ton/tahun. Jika dibandingkan dengan nilai sedimen pada sampel dapat disimpulkan bahwa nilai sedimen pada sampel lebih besar daripada hasil perhitungan *USLE*, yakni sebesar 1.162.230,84 ton/tahun. Maka nilai sedimen yang diambil (terbesar) adalah 1.162.230,84 ton/tahun.

Tabel 3. Tabel Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tahun 2015.

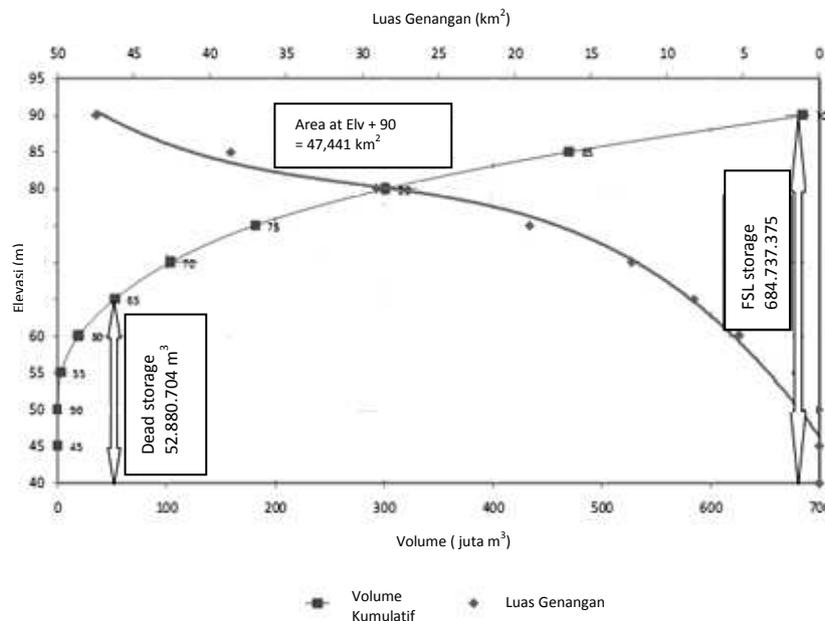
| Elevasi (m) | Persentase distribusi sedimen (%) | Besar sedimen (ton/th) | Volume kondisi sedimentasi tahun 2012 (m <sup>3</sup> ) | Volume kondisi sedimentasi tahun 2015 (m <sup>3</sup> ) | Volume kondisi sedimentasi tahun 2015 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Luas kondisi sedimentasi tahun 2015 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|-------------|-----------------------------------|------------------------|---|---|---|---|
| 40          | 0,00                              | 0,00                   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| 45          | 1,27                              | 14.760,33              | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| 50          | 3,09                              | 35.967,21              | 100.000,00  | 64.032,79   | 0,06  | 0,01  |
| 55          | 6,97                              | 80.975,61              | 3.840.000,00  | 3.759.024,39  | 3,76  | 0,75  |
| 60          | 12,02                             | 139.732,17             | 18.200.000,00   | 18.060.267,83   | 18,06   | 2,86  |
| 65          | 7,88                              | 91.526,94              | 48.320.000,00   | 48.228.473,06   | 48,23   | 6,03  |
| 70          | 11,64                             | 135.226,34             | 97.950.000,00   | 97.814.773,66   | 97,81   | 9,92  |
| 75          | 14,16                             | 164.527,73             | 172.750.000,00  | 172.585.472,27  | 172,59  | 14,95   |
| 80          | 16,25                             | 188.887,39             | 288.830.000,00  | 288.641.112,61  | 288,64  | 23,21   |
| 85          | 13,52                             | 157.088,48             | 463.560.000,00  | 463.402.911,52  | 463,40  | 34,95   |
| 90          | 13,21                             | 153.560,51             | 688.410.000,00  | 688.256.439,49  | 688,26  | 44,97   |

Sumber: Perhitungan.

Tabel 4. Tabel Elevasi, Luas Genangan dan Volume Tahun 2015 (Pengukuran *Echo sounding*).

| No | Elevasi | 2015                    |                               |
|----|---------|-------------------------|-------------------------------|
|    |         | Luas (km <sup>2</sup> ) | Volume (Juta m <sup>3</sup> ) |
| 1  | 40,00   | 0,00                    | 0,00                          |
| 2  | 45,00   | 0,00                    | 0,00                          |
| 3  | 50,00   | 0,05                    | 0,08                          |
| 4  | 55,00   | 1,55                    | 3,21                          |
| 5  | 60,00   | 5,27                    | 19,35                         |
| 6  | 65,00   | 8,26                    | 52,88                         |
| 7  | 70,00   | 12,35                   | 104,05                        |
| 8  | 75,00   | 19,04                   | 181,90                        |
| 9  | 80,00   | 29,09                   | 301,32                        |
| 10 | 85,00   | 38,61                   | 469,99                        |
| 11 | 90,00   | 47,44                   | 684,74                        |

Sumber: Hasil pengukuran Oleh PT. Adiguna Mitra Terpercaya Consultants.



Gambar 2. Kurva karakteristik waduk tahun 2015 hasil pengukuran *echo sounding* (PT. Adiguna Mitra Terpercaya, 2015).

Dengan membandingkan hasil pengukuran *echo sounding* (Tabel 4) dan hasil pengukuran di lapangan (Tabel 2), dipilih data hasil pengukuran *echo sounding* (Tabel 4), dikarenakan pengukuran dengan menggunakan *echo sounding* menghasilkan data yang lebih *real* serta keterbatasan dalam mengambil sampel di lapangan hanya saat musim kemarau saja.

Sebelum melakukan simulasi pengoperasian, diperlukan data elevasi, luas genangan, dan volume waduk yang diregresi sehingga didapat persamaan lengkung kapasitas waduk yang digunakan untuk menentukan kapasitas awal waduk bulan pengoperasian. Simulasi pengoperasian waduk dengan berbagai pola operasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan pola operasi terbaik. Pola operasi yang disimulasikan pada laporan ini adalah

pola operasi eksisting, *SOP* dan *rule curve*. Hasil simulasi pengoperasian Waduk Kedung Ombo terdapat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Tabel Hasil Analisis Simulasi Kerja Pengoperasian Waduk Kedung Ombo 1990/1991-2014/2015 dengan Beberapa Macam Pola Operasi.

| No | Pola Operasi | Lama Operasi (2 mingguan) | Sukses        | Gagal         | Keandalan (α) | Wt (2 mingguan) | Kelentingan (γ) | DEFt Ratio/ 2 mingguan | Kerawanan |           |       | Spill (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|----|--------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------|-----------|-------|---|
|    |              |                           | (2 mingguan)  | (2 mingguan)  |               |                 |                 |                        | (2) - (3) | (3) / (2) | V1    |   |
| 1  | 2            | 3 = Σ(Rt/Dt)              | 4 = (2) - (3) | 5 = (3) / (2) | 6             | 7 = (6) / (4)   | 8               | 9                      | 10        | 11        | 12    |   |
| 1  | Eksisting    | 600                       | 472,45        | 127,55        | 0,79          | 58              | 0,45            | 0,2126                 | 2,20      | 1,00      | 65,48 | 8,08                                    |
| 2  | SOP          | 600                       | 590,39        | 9,61          | 0,98          | 4               | 0,42            | 0,0160                 | 2,40      | 1,00      | 80,86 | 0,00                                    |
| 3  | Rule Curve   | 600                       | 517,47        | 82,53         | 0,86          | 70              | 0,85            | 0,1375                 | 1,18      | 1,00      | 85,20 | 0,00                                    |

Sumber: Perhitungan.

Tabel 6. Tabel Hasil Analisis Simulasi Kerja Pengoperasian Waduk Kedung Ombo 1990/1991-2014/2015 dengan Beberapa Macam Kondisi Sedimentasi.

| No | Pola Operasi   | Lama Operasi (2 mingguan) | Sukses        | Gagal         | Keandalan (α) | Wt (2 mingguan) | Kelentingan (γ) | DEFt Ratio/ 2 mingguan | Kerawanan |           |       | Spill (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) |
|----|----------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------|-----------|-------|---|
|    |                |                           | (2 mingguan)  | (2 mingguan)  |               |                 |                 |                        | (2) - (3) | (3) / (2) | V1    |   |
| 1  | 2              | 3 = Σ(Rt/Dt)              | 4 = (2) - (3) | 5 = (3) / (2) | 6             | 7 = (6) / (4)   | 8               | 9                      | 10        | 11        | 12    |   |
| 1  | SOP (0 tahun)  | 600                       | 590,94        | 9,06          | 0,985         | 4               | 0,442           | 0,0151                 | 2,26      | 1,00      | 80,86 | 0,00                                    |
| 2  | SOP (15 tahun) | 600                       | 590,39        | 9,61          | 0,984         | 4               | 0,416           | 0,0160                 | 2,40      | 1,00      | 80,86 | 0,00                                    |
| 3  | SOP (27 tahun) | 600                       | 589,62        | 10,38         | 0,983         | 4               | 0,386           | 0,0173                 | 2,59      | 1,00      | 80,86 | 0,00                                    |

Sumber: Perhitungan.

Berdasarkan pada Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa pola operasi *SOP* merupakan pola operasi terbaik dibandingkan pola operasi lainnya. Hal tersebut dapat dilihat dari indikator kinerja keandalan waduk pola *SOP* memiliki nilai paling tinggi (0,98). Selanjutnya untuk indikator kelentingan, pola *SOP* juga memiliki nilai yang tertinggi (0,42). Hal ini menunjukkan dengan pola *SOP* kemampuan waduk untuk kembali sukses dari kondisi gagal sangat cepat. Simulasi pengoperasian waduk dengan berbagai kondisi sedimentasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sedimentasi terhadap kinerja Waduk. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan pola operasi terbaik dan kondisi sedimentasi yang ditinjau adalah pada tahun 1980, tahun 2003, tahun 2015. Hasil simulasi tersebut disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa dari tahun ke-0 hingga tahun ke-27 pengaruh sedimentasi tidak terlalu signifikan terhadap pengoperasian waduk. Hal ini dibuktikan dengan hasil simulasi yang cenderung tidak menurun secara signifikan.

## KESIMPULAN

Hasil simulasi pengoperasian waduk dengan berbagai pola operasi dan sedimentasi menunjukkan berpengaruh atau tidaknya sedimentasi terhadap kinerja waduk. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pola operasi terbaik untuk Waduk Kedung Ombo adalah pola operasi baku (*SOP*) dan besar pengaruh sedimentasi waduk terhadap kinerja waduk tidak terlalu signifikan terhadap kinerja operasi waduk. Walaupun pengaruh

sedimentasi cukup kecil, upaya pengendalian sedimentasi tetap diperlukan karena sedimentasi akan terus ada.

## **SARAN**

Melihat kondisi dan permasalahan yang terjadi maka dapat diberikan beberapa saran, yakni untuk mendapatkan perhitungan simulasi dan desain yang benar-benar akurat, maka data-data yang dibutuhkan harus lengkap dan pemakaian metode perhitungan harus benar-benar tepat dengan kondisi yang ada. Data-data yang digunakan dalam perhitungan juga haruslah dianalisis secara teliti dengan menggunakan berbagai macam teori yang ada. Pengambilan data sampel sedimen sebaiknya dilakukan pada saat musim penghujan dan musim kemarau agar didapatkan hasil perhitungan yang lebih akurat.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Aris, Hapsak, 2004. *Optimasi Pengoperasian Waduk Kedung Ombo dengan Program Linier (Fungsi Tujuan Minimasi Kekurangan Air Irigasi)*, Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Nugroho, Hari dan Suripin, 2013. *Penatagunaan Kawasan Sekitar Waduk dalam Upaya Menjaga Kelestariannya (Model DAM)*, Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil, Semarang.
- Pusat Studi Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, 2003. *Studi Optimalisasi Pola Eksploitasi dan Pemutakhiran Data Kapasitas Waduk Kedung Ombo dengan Pengukuran Echo sounding*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Yogyakarta.
- Raharja, Fharid, 2004. *Evaluasi Kinerja Pengoperasian Waduk Kedung Ombo*, Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sidharta, SK, 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*, Gunadharma, Jakarta.
- Subagyo, Prapto, 2009. *Deskripsi Singkat Kedung Ombo*.
- Suharyanto, Ir, MSc., 2014. *Diktat Kuliah, Analisis Kinerja Pengoperasian Waduk*.
- Tera Buana Manggala Jaya, 2004. *Laporan Ringkasan Studi Penatagunaan Lahan Waduk Kedung Ombo*, PT. Tera Buana Manggala Jaya, Boyolali.
- United States Bureau Reclamation, 1987. *Design Of Small Dams*. United States Department Of The Interior, United States.
- Yang, Chi Ted, 1996. *Sediment Transport Theory and Practice*. The McGraw Hill Companies, Singapore.
- <http://www.sragen.go.id/home.php?menu=102> : *Kedung Ombo DAM*.