

KAJIAN DISTRIBUSI SEDIMENTASI WADUK WONOREJO, TULUNGAGUNG-JAWA TIMUR

Ernawan Setyono

Jurusan Teknik Sipil – Fakultas Teknik Univ. Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144

ABSTRACT

This study aims to know the distribution of sedimentation of the most suitable method among the Empirical Area Reduction Method and Area Increment Method for predicting the the distribution of sediments in the Reservoir Wonorejo. While the purpose of this study was to determine the base elevation of a new reservoir (new zero elevation) after the existing sediments. With both methods can be known distribution of sediments in the reservoir for the operating life of 8 years and 11 years. After analysis, it can be concluded that Empirical Area Reduction Method is more suitable to predict the distribution of sedimentation in reservoirs Wonorejo. For operasi period of 8 years, sediment has reached an elevation of +122,21 m which is at 2.21 m above the base elevation reservoirs, the amount of sediment that settles in the reservoir is $2,0608.10^6 \text{ m}^3$ and for the operation of 11 years, sediments deposited reaches two, $2,2371.10^6 \text{ m}^3$ at an elevation of +123,47 m or 1,47 m above the base elevation of the reservoir.

Key word : Distribution of Sedimentation

PENDAHULUAN

Sedimentasi merupakan proses kelanjutan dari peristiwa erosi atau peristiwa terkikisnya permukaan tanah akibat air hujan. Tanah tersebut mengalir melalui cekungan-cekungan, saluran-saluran air, kemudian masuk ke sungai. Sungai selain berfungsi sebagai sarana mengalirkan air juga dapat berfungsi sebagai pengangkut bahan-bahan material yang berupa sedimen.

Dampak yang diakibatkan oleh sedimentasi di waduk, yaitu Usia guna waduk terhenti diakibatkan mengendapnya sedimen di *dead storing*.

a. Volume air berkurang menyebabkan kinerja waduk menurun.

Dari permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan analisa untuk mendapatkan informasi lebih dini tentang distribusi atau sebaran sedimen. Dengan mengetahui pola distribusi penyebaran sedimen, kita dapat melakukan penanganan untuk menanggulangi permasalahan sedimen yang terjadi di suatu waduk.

1. Mengetahui volume dan distribusi sedimen di waduk Wonorejo dengan menggunakan *Empirical Area Reduction Method* dan *Area Increment Method*.
2. Mengetahui elevasi dasar waduk baru (*new zero elevation*) setelah ada sedimen dengan menggunakan *Empirical Area Reduction Method* dan *Area Increment Method*.
3. Mengetahui metode yang paling sesuai diantara *Empirical Area Reduction Method* dan *Area Increment Method* untuk memprediksi distribusi sedimen di Waduk Wonorejo.

Waduk merupakan suatu bangunan air yang menyerupai kolam air yang digunakan untuk menampung air yang berlebihan saat musim penghujan dan menyediakan air untuk berbagai keperluan saat musim kemarau. Sebagai salah satu pembangkit listrik tenaga air (PLTA) baik di musim penghujan maupun di musim kemarau (www.scribd.com).

Pembangunan waduk adalah salah satu wujud dari usaha memenuhi kebutuhan air. Perencanaan yang abad waduk antaralain direncanakan untuk berbagai

keperluan. Dalam pembangunan waduk yang paling diperhatikan adalah analisa tentang produksi dan kapasitas. Produksi adalah jumlah air yang dapat disediakan oleh waduk dalam jangka waktu tertentu. Dari produksi waduk yang direncanakan tersebut dapat ditetapkan seberapa besar kapasitas waduk yang diperlukan untuk dapat memenuhi kebutuhan dengan keandalan tertentu. Hal ini digunakan untuk keperluan perencanaan waduk (www.scribd.com).

Sedimentasi merupakan proses kelanjutan dari peristiwa erosi atau peristiwa terkikisnya permukaan tanah akibat air hujan. Tanah tersebut mengalir melalui cekungan-cekungan, saluran-saluran air, kemudian masuk ke sungai. Sungai selain berfungsi sebagai sarana mengalirkan air juga dapat berfungsi sebagai pengangkut bahan-bahan material yang berupa sedimen (Yang, 1976).

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil sedimen adalah sebagai berikut: (varshney, 1979)

1. Jumlah dan intensitas curah hujan
2. Tipe tanah dan formasi geologi
3. Lapisan tanah
4. Tata guna lahan
5. Topografi
6. Jaringan sungai yang meliputi : kerapatan sungai, kemiringan, bentuk, ukuran dan jenis saluran.

Akibat sedimen terhadap fungsi waduk : (varshney, 1979)

1. Mengurangi usia guna waduk yang secara langsung mempengaruhi manfaat waduk.
2. Distribusi sedimen di waduk mengatur letak pintu pengeluaran (*outlet*) untuk menghindari kecepatan sedimentasi.
3. Sedimen di daerah delta di atas elevasi puncak waduk dapat menyebabkan agradasi (pengendapan) dibagian hulu waduk. Endapan ini mengurangi kapasitas masukan (*inflow capacity*) saluran.
4. Pengerusan atau degradasi di tepi atau tebing dan dasar saluran bagian hilir waduk.

Distribusi sedimentasi waduk ialah penyebaran partikel sedimen pada elevasi permukaan waduk dalam periode tertentu. Masing-masing waduk mempunyai pola tersendiri dalam distribusi sedimentasi, dengan

pengertian lain bahwa semua waduk mempunyai karakteristik dan sistem yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Pola distribusi waduk di pengaruhi oleh: (Priyantoro, 1987)

- Jenis muatan sedimen
- Ukuran dan bentuk waduk
- Lokasi dan ukuran outlet

Perkiraan distribusi sedimen di waduk dapat dilakukan secara empiris yaitu dengan *Empirical Area Reduction Method*. Metode ini dikemukakan oleh Whitney M. Borland dan Carl L. Miller (1960) yang kemudian diperbaiki oleh Lara pada tahun 1962. (Yang, 1976)

Metode ini menerangkan bahwa distribusi sedimen di waduk tergantung pada beberapa factor : (Yang, 1976)

- Cara pengoprasian waduk
 - Tekstur dan ukuran partikel sedimen
 - Bentuk waduk
 - Volume sedimen yang mengendap di waduk
- Langkah-langkah perhitungan distribusi sedimen di waduk adalah sebagai berikut : (Yang, 1976)

1. Plotkan antara kedalaman dan kapasitas waduk untuk mengetahui bentuk waduk berdasarkan faktor "m" pada gambar 2.1.
2. Memperkirakan akumulasi sedimen di waduk dan volume sedimen total sesudah waduk beroperasi.
3. Plot data sedimen pada kurva rencana distribusi sedimen yang disajikan pada gambar 2.2 untuk mengetahui tipe waduk.
4. Menentukan bentuk waduk yang sesuai berdasarkan langkah 1 sampai 3.
5. Menghitung faktor tak berdimensi melalui persamaan berikut :

$$F = \frac{S_d - V_h}{H \cdot A_h} \dots \dots \dots (2-9)$$

Dimana :

- F = faktor tanpa dimensi sebagai fungsi dari total endapan sedimen, kapasitas, kedalaman dan luas waduk.
- S_d = total endapan sedimen dalam m^3
- V_h = kapasitas waduk pada elevasi h dalam m^3 .
- H = kedalaman air waduk awal dalam m.
- A_h = luas waduk pada elevasi h dalam m^2 .

- Menghitung elevasi dari endapan sedimen yang mencapai bendungan yang merupakan titik dasar kedalaman baru (*new zero elevation*) berdasarkan hasil perpotongan antara garis yang terbentuk melalui hubungan titik-titik harga F dengan lengkung harga kedalaman relative (p) untuk tipe bentuk waduk yang sesuai (pada langkah 4) dengan menggunakan grafik pada gambar 2.4.
- Menentukan luas sedimen relative (Ap) pada setiap kedalaman waduk yang diperoleh dari "Area Design Curve" pada gambar 2.5 untuk tipe bentuk waduk yang sesuai. Luas sedimen yang relative juga dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- Tipe I
: $A_p = 5,074 P^{1,85} (1-P)^{0,35}$ (2-10)
- Tipe II
: $A_p = 2,487 P^{0,57} (1-P)^{0,41}$ (2-11)

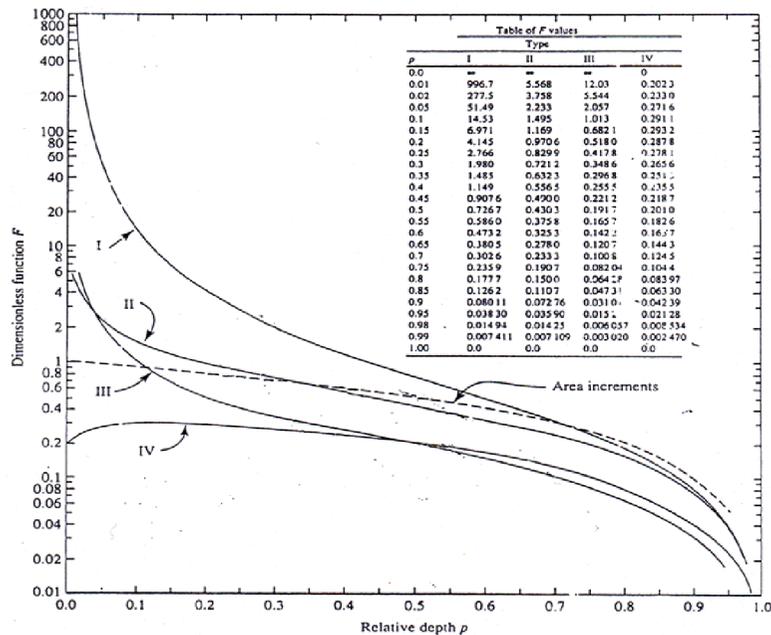
- Tipe III
: $A_p = 16,967 P^{1,15} (1-P)^{2,32}$ (2-12)
- Tipe IV
: $A_p = 1,486 P^{-0,25} (1-P)^{1,34}$ (2-13)

Dimana :

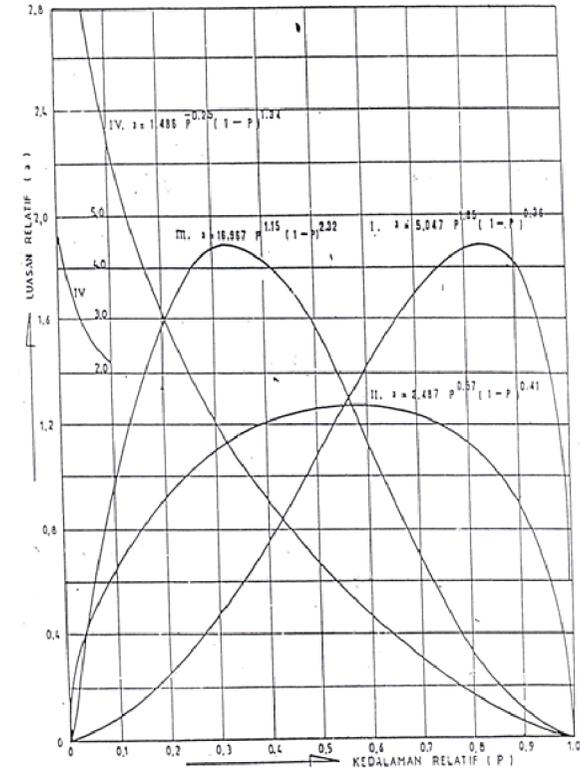
A_p = luas sedimen relative

P = kedalaman waduk relative diukur dari dasar

- Menghitung luas sedimen pada setiap elevasi waduk yang diperoleh dari harga A_p pada elevasi yang bersangkutan dikalikan dengan harga Z. arga Z diperoleh dari luas mula-mula waduk pada *new zero elevation* dibagi dengan harga A_p pada elevasi tersebut.
- Menghitung volume sedimen pada setiap elevasi waduk setelah luas sedimen diketahui.
- Memperkirakan luas dan volum sedimen akhir.



Gambar 1. Kurva Hubungan F – p (sumber : Yang, 1976)



Gambar 2. Kurva Rencana Luasan Sedimen (sumber : Yang,1976)

Metode *Area Increment Method* ini dikemukakan oleh E.A. Cristofano dan dasarnya adalah perhitungan matematika. Asumsi yang digunakan dalam metode ini adalah endapan sedimen pada waduk dapat diperkirakan dengan cara mengurangi luaswaduk pada setiap elevasi dengan harga tertentu. Secara matematika ditulis sebagai berikut : (Yang, 1976)

$$V_s' = V_o + A_o(H - h_o) \dots\dots\dots(2-14)$$

Dimana :

- V_s' = volume sedimen yang terdistribusi dalam waduk (ha-m)
- V_o = volume sedimen di bawah elevasi dasar yang baru (ha-m)

- A_o = luas waduk yang baru pada elevasi dasar yang baru (ha)
- H = kedalaman maksimum di dekat bendungan pada muka air normal (m)
- h_o = kedalaman waduk setelah terisi sedimen di bawah elevasi dasar waduk (m)

Langkah-langkah perhitungan distribusi sedimen: (Yang, 1976)

Tahap I:

- H_o ditentukan dengan cara coba-coba
- V_s H diketahui dari pengukuran
- Dari h_o di atas, maka di dapat A_o dan V_o (dari lengkung kapasitas)
- Prosedur tersebut dilakukan berulang ulang hingga mendapatkan $V_s' = V_s$

- Elevasi dasar waduk yang baru didapat dari :
elevasi awal + ho

X_d = kapasitas waduk hasil pengukuran *echo sounding*

Tahap II:

Pada tahap I tersebut akan diperoleh volume sedimen kumulatif. Untuk memperoleh volume sedimen pada tiap penambahan elevasi dilakukan dengan cara mengalikan factor koreksi luas rata-rata dengan selisih pertambahan elevasi yang dirumuskan sebagai berikut:

$$V_s = A_o \cdot h \quad (2-15)$$

Dimana:

- V_s : penambahan volume sedimen (ha-m)
- A_o : factor koreksi luas (ha)
- h : selisih pertambahan elevasi (m)

METODELOGI PENELITIAN

Penentuan metode yang cocok dengan kondisi yang sebenarnya didasarkan pada perhitungan simpangan mutlak yang terkecil antara data dengan hasil perhitungan, baik hasil perhitungan dengan *Empirical Area Reduction Method* maupun *Area Increment Method*. Perhitungan simpangan mutlak menurut persamaan berikut :

$$S = \sum_{i=1}^n [X_i - X_2] \dots \dots \dots (2-16)$$

Dimana:

- n = jumlah data
- X_i = kapasitas waduk hasil perhitungan

Table 1. Data Laju Sedimen Waduk Wonorejo

| No. | Periode | Volume Sedimen (m ³) | Rata-rata / Tahun (m ³) |
|-----|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. | 2005 – 2008 | 1.171.586 | 390.529 |
| 2. | 2008 – 2011 | 933.533 | 311.178 |

Sumber : Perusahaan Umum (PERUM) Jasa Tirta 1

Table 2. Data Sedimen Di Waduk Wonorejo

| Elevasi (m) | Volume (juta m ³) | | Besarnya Sedimen (juta m ³) | Volume (juta m ³) | | Besarnya Sedimen (juta m ³) |
|----------------|-------------------------------|---------|---|-------------------------------|---------|---|
| | 2000 | 2008 | | 2000 | 2011 | |
| HWL = 183,00 | 122.000 | 109.615 | 12.390 | 122.000 | 108.682 | 13.318 |
| LWL = 141,00 | 16.000 | 10.571 | 5.430 | 16.000 | 10.080 | 5.920 |
| Volume Efektif | 106.000 | 99.040 | 6.960 | 106.000 | 98.602 | 7.398 |

Sumber : Perusahaan Umum (PERUM) Jasa Tirta 1

Data teknis Waduk Wonorejo adalah sebagai berikut :

Waduk

1. Luas daerah genangan (HWL) : 3,85 km²
2. Elevasi muka air banjir : +185 m
3. Elevasi muka air tinggi (HWL) : +183 m
4. Elevasi muka air rendah (LWL) : +141 m
5. Kapasitas waduk kotor : 122 juta m³
6. kapasitas waduk efektif : 106 juta m³

Bendungan Utama

1. Tipe : Timbunan batu dengan inti kedap air
2. Vol. Timbunan : 6,15 juta m³
3. Tinggi : 100 m (elevasi puncak 188 m)
4. Panjang : 545 m
5. Luas Genangan : 3,85 km²
6. Daya Tampung : 122 juta m³

Bendungan Pelimpah (Spill Way)

1. Tipe : Pelimpah bebas tak berpintu, saluran terbuka dengan stilling basin horizontal
2. Panjang Saluran : 456,56 m
3. Lebar : 8 – 16 m

Data laju sedimen yang diperoleh dari hasil pengukuran *Echo Sounding* adalah sebagai berikut :

Analisa data debit inflow dapat dilihat pada table 3.

Table 3. Data Debit Inflow Bulanan Pada Tahun 2008 – 2010 (m³/det)

| Tahun | Bulan | | | | | | | | | | | | Jumlah |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | |
| 2008 | 5.07 | 6.66 | 17.38 | 7.08 | 3.03 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.66 | 14.10 | 6.82 | 62.08 |
| 2009 | 6.08 | 12.84 | 6.92 | 9.40 | 6.39 | 1.61 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | 4.28 | 3.42 | 51.11 |
| 2010 | 7.79 | 13.96 | 15.12 | 10.69 | 11.00 | 6.77 | 4.73 | 2.082 | 13.36 | 6.46 | 7.68 | 12.16 | 111.79 |
| Jumlah | 18.94 | 33.46 | 39.42 | 27.16 | 20.42 | 8.67 | 4.73 | 2.08 | 13.36 | 8.29 | 26.06 | 22.40 | 224.99 |
| Rerata | 6.31 | 11.15 | 13.14 | 9.06 | 6.81 | 2.89 | 1.58 | 0.69 | 4.46 | 2.76 | 8.69 | 7.47 | 75.00 |

Sumber : hasil perhitungan

Penentuan bentuk waduk dapat dilakukan dengan cara membuat grafik hubungan antara kedalaman muka air waduk (m) dan kapasitas waduk (m³) pada kurva kemiringan garis m. Bentuk waduk juga dapat ditentukan dari kurva rencana distribusi sedimen yaitu kurva hubungan antara persentase sedimen yang mengendap dengan persentase kedalaman waduk menurut kedalaman pada awal rencana. Dengan menggunakan cara tersebut dapat diketahui bahwa Waduk Wonorejo mendekati bentuk kurva tipe II.

Kerapatan endapan sedimen dihitung menggunakan persamaan 2-2, dengan terlebih dahulu menghitung kerapatan sedimen awal dengan rumus 2-1. Persentase butiran sedimen berupa pasir sebanyak 11,87%, lanau sebanyak 54,01%, lempung sebanyak 34,12%. Dari data ukuran butiran sedimen selanjutnya dihitung kerapatan sedimen awal yang disajikan pada table 3.10.

Table 4. Kerapatan Sedimen Rata-rata

| T (tahun) | Wt (ton/m ³) |
|-----------|--------------------------|
| 8 | 0,9767 |
| 11 | 0,9736 |

Sumber : hasil perhitungan

Table 6. A Distribusi Sedimen Di Waduk Wonorejo Untuk Masa Operasi 8 Tahun (Empirical Area Reduction Method)

| No | Elevasi (m) | Data | | | Relatif | | Sedimen | | Revised | |
|----|-------------|--|---|---------------|-----------|--|---|--|---|--|
| | | Luas (10 ⁶ m ²) | Kapasitas (10 ⁶ m ³) | Kedalaman (p) | Luas (Ap) | Luas (10 ⁶ m ²) | Kapasitas (10 ⁶ m ³) | Luas (10 ⁶ m ²) | Kapasitas (10 ⁶ m ³) | |
| | | | | | | | | | | |
| 1 | 183 | 0,3452 | 111,3067 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2,0608 | 0,3452 | 109,2459 | |
| 2 | 178 | 0,2910 | 95,8553 | 0,9206 | 0,8396 | 0,0019 | 2,0655 | 0,2891 | 93,7898 | |
| 3 | 172 | 0,2253 | 74,6673 | 0,8254 | 1,0900 | 0,0024 | 2,0782 | 0,2229 | 72,5891 | |
| 4 | 166 | 0,1805 | 60,1353 | 0,7302 | 1,2150 | 0,0027 | 2,0935 | 0,1778 | 58,0418 | |
| 5 | 160 | 0,1362 | 45,8928 | 0,6349 | 1,2700 | 0,0028 | 2,1099 | 0,1334 | 43,7828 | |
| 6 | 154 | 0,0777 | 33,2533 | 0,5397 | 1,2731 | 0,0028 | 2,1268 | 0,0749 | 31,1265 | |

| | | | | | | | | | |
|----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 7 | 148 | 0,0637 | 22,0743 | 0,4444 | 1,2310 | 0,0027 | 2,1433 | 0,0610 | 19,9310 |
| 8 | 142 | 0,0358 | 12,6175 | 0,3492 | 1,1448 | 0,0025 | 2,1591 | 0,0333 | 10,4584 |
| 9 | 136 | 0,0163 | 5,6174 | 0,2540 | 1,0098 | 0,0022 | 2,1733 | 0,0141 | 3,4441 |
| 10 | 130 | 0,0064 | 2,1391 | 0,1587 | 0,8115 | 0,0018 | 2,1854 | 0 | 0 |
| 11 | 122,21 | 0,0008 | 1,7481 | 0,0350 | 0,3626 | 0,0008 | 2,1955 | 0 | 0 |
| 12 | 120 | 0 | 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 6. Distribusi Sedimen Di Waduk Wonorejo Untuk Masa Oprasi 11 Tahun (Empirical Area Reduction Method)

| No | Elevasi (m) | Data | | Relatif | | Sedimen | | Revised | |
|----|-------------|--|---|---------------|-----------|--|---|--|---|
| | | Luas (10 ⁶ m ²) | Kapasitas (10 ⁶ m ³) | Kedalaman (p) | Luas (Ap) | Luas (10 ⁶ m ²) | Kapasitas (10 ⁶ m ³) | Luas (10 ⁶ m ²) | Kapasitas (10 ⁶ m ³) |
| 1 | 183 | 0,3452 | 111,3067 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 2,2371 | 0,3452 | 109,0696 |
| 2 | 178 | 0,2910 | 95,8553 | 0,9206 | 0,8396 | 0,0022 | 2,2425 | 0,2888 | 93,6128 |
| 3 | 172 | 0,2253 | 74,6673 | 0,8254 | 1,0900 | 0,0028 | 2,2574 | 0,2225 | 72,4099 |
| 4 | 166 | 0,1805 | 60,1353 | 0,7302 | 1,2150 | 0,0031 | 2,2753 | 0,1774 | 57,8600 |
| 5 | 160 | 0,1362 | 45,8928 | 0,6349 | 1,2700 | 0,0033 | 2,2945 | 0,1330 | 43,5983 |
| 6 | 154 | 0,0777 | 33,2533 | 0,5397 | 1,2731 | 0,0033 | 2,3142 | 0,0744 | 30,9391 |
| 7 | 148 | 0,0637 | 22,0743 | 0,4444 | 1,2310 | 0,0032 | 2,3336 | 0,0605 | 19,7408 |
| 8 | 142 | 0,0358 | 12,6175 | 0,3492 | 1,1448 | 0,0030 | 2,3519 | 0,0329 | 10,2655 |
| 9 | 136 | 0,0163 | 5,6174 | 0,2540 | 1,0098 | 0,0026 | 2,3686 | 0,0137 | 3,2488 |
| 10 | 130 | 0,0064 | 2,1391 | 0,1587 | 0,8115 | 0,0021 | 2,3827 | 0 | 0 |
| 11 | 123,47 | 0,0012 | 1,9837 | 0,0550 | 0,4652 | 0,0012 | 2,3935 | 0 | 0 |
| 12 | 120 | 0 | 0 | 0,0000 | 0,0000 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan dengan *Empirical Area Reduction Method* dan *Area Increment Method* telah diperoleh hasil berupa kapasitas waduk untuk masa operasi waduk selama 8 tahun (tahun 2000-2008) dan masa operasi waduk selama 11 tahun (tahun 2000-2011).

Tabel 7. Analisa Simpangan Kapasitas Air Waduk Wonorejo Tahun 2008

| No | Elevasi (m) | Kapasitas Air Waduk | | Pengukuran Echo Sounding (10 ⁶ m ³) | Volume Sedimen | | Persentase | |
|--------|-------------|--|--|--|--|--|--------------------|--------------------|
| | | Area Reduction (10 ⁶ m ³) | Area Increment (10 ⁶ m ³) | | Area Reduction (10 ⁶ m ³) | Area Increment (10 ⁶ m ³) | Area Reduction (%) | Area Increment (%) |
| 1 | 183 | 109,2459 | 104,3381 | 109,6154 | 0,37 | 5,28 | 0,34 | 4,81 |
| 2 | 178 | 93,7898 | 88,9731 | 92,8366 | -0,95 | 3,86 | -1,03 | 4,16 |
| 3 | 172 | 72,5891 | 67,8890 | 74,4466 | 1,86 | 6,56 | 2,50 | 8,81 |
| 4 | 166 | 58,0418 | 53,4608 | 58,5026 | 0,46 | 5,04 | 0,79 | 8,62 |
| 5 | 160 | 43,7828 | 39,3220 | 44,1770 | 0,39 | 4,85 | 0,89 | 10,99 |
| 6 | 154 | 31,1265 | 26,7864 | 31,6464 | 0,52 | 4,86 | 1,64 | 15,36 |
| 8 | 148 | 19,9310 | 15,7112 | 20,7616 | 0,83 | 5,05 | 4,00 | 24,33 |
| 9 | 142 | 10,4584 | 6,3581 | 11,7902 | 1,33 | 5,43 | 11,30 | 46,07 |
| Jumlah | | | | | 2,65 | 30,46 | | |

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 8. Analisa Simpangan Kapasitas Air Waduk Wonorejo Tahun 2011

| No | Elevasi (m) | Kapasitas Air Waduk | | Pengukuran Echo Sounding (10 ⁶ m ³) | Volume Sedimen | | Persentase | |
|--------|-------------|--|--|--|--|--|--------------------|--------------------|
| | | Area Reduction (10 ⁶ m ³) | Area Increment (10 ⁶ m ³) | | Area Reduction (10 ⁶ m ³) | Area Increment (10 ⁶ m ³) | Area Reduction (%) | Area Increment (%) |
| 1 | 183 | 109,0696 | 103,9124 | 109,6154 | 0,55 | 5,70 | 0,50 | 5,20 |
| 2 | 178 | 93,6128 | 88,5525 | 92,8353 | -0,78 | 4,28 | -0,84 | 4,61 |
| 3 | 172 | 72,4099 | 67,4744 | 74,4466 | 2,04 | 6,97 | 2,74 | 9,37 |
| 4 | 166 | 57,8600 | 53,0521 | 58,3528 | 0,49 | 5,30 | 0,84 | 9,08 |
| 5 | 160 | 43,5983 | 38,9194 | 44,1770 | 0,58 | 5,26 | 1,31 | 11,90 |
| 6 | 154 | 30,9391 | 26,3897 | 31,6464 | 0,71 | 5,26 | 2,23 | 16,61 |
| 8 | 148 | 19,7408 | 15,3206 | 20,7616 | 1,02 | 5,44 | 4,92 | 26,21 |
| 9 | 142 | 10,2655 | 5,9735 | 11,7902 | 1,52 | 5,82 | 12,93 | 49,34 |
| Jumlah | | | | | 3,58 | 32,77 | | |

Sumber : Hasil Perhitungan

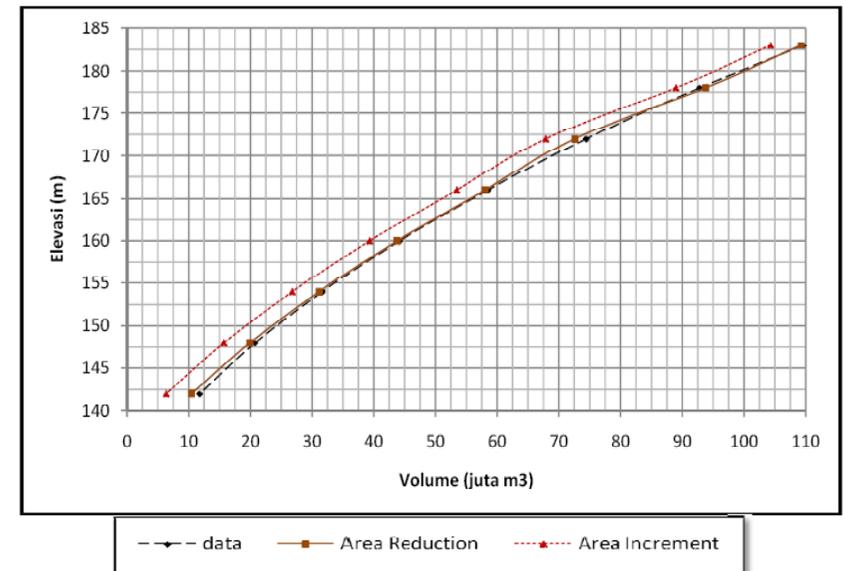
Besarnya simpangan untuk tahun 2008 dan tahun 2011 disajikan dalam Table 9 berikut ini :

Tabel 9. Besarnya Simpangan Pada Kedua Metode

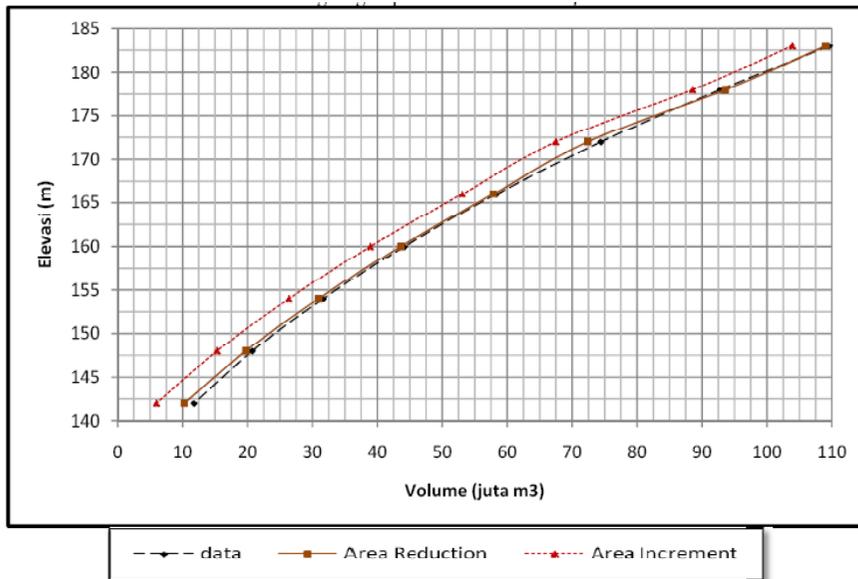
| Tahun | Metode | |
|-------|--|--|
| | Area Reduction (10 ⁶ m ³) | Area Increment (10 ⁶ m ³) |
| 2008 | 2,6485 | 30,4551 |
| 2011 | 3,5837 | 32,7729 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan table diatas, *Area Reduction method* memiliki simpangan lebih kecil dibandingkan dengan *Area Increment Method*, baik untuk tahun 2008 maupun tahun 2011, maka untuk memprediksi kondisi di Waduk Wonorejo pada masa yang akan datang digunakan *Area Reduction Method*.



Gambar 3. Lengkung Kapasitas Waduk Wonorejo Tahun 2008



Gambar 4. Lengkung Kapasitas Waduk Wonorejo Tahun 2011

KESIMPULAN DAN SARAN

- Volume sedimen di Waduk Wonorejo adalah sebagai berikut :
 - Empirical Area Reduction Method* :
 - Masa operasi 8 tahun sebesar 2,0608 juta m³
 - Masa operasi 11 tahun sebesar 2,2371 juta m³
 - Area Increment Method* :
 - Masa operasi 8 tahun sebesar 6,9686 juta m³
 - Masa operasi 11 tahun sebesar 7,3943 juta m³
- Elevasi dasar waduk baru (*new zero elevation*) adalah sebagai berikut :
 - Empirical Area Reduction Method* :
 - Masa operasi 8 tahun pada elevasi + 122,21
 - Masa operasi 11 tahun pada elevasi + 123,47
 - Area Increment Method* :
 - Masa operasi 8 tahun pada elevasi + 138,70
 - Masa operasi 11 tahun pada elevasi + 139,35
- Metode yang paling cocok untuk memprediksi distribusi sedimentasi di Waduk Wonorejo adalah

Area Reduction method, karena memiliki simpangan lebih kecil dibandingkan dengan *Area Increment Method*, baik untuk tahun 2008 maupun tahun 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- [Http://www.scribd.com/doc/36644195/filed-trip-report-hydrology-DAM-lengkong-Baru-waduk-wonorejo](http://www.scribd.com/doc/36644195/filed-trip-report-hydrology-DAM-lengkong-Baru-waduk-wonorejo)
- Perusahaan Umum (PERUM) Jasa Tirta I. 2004. Echo Sounding (Pengukuran Penampang Melintang Waduk) Wonorejo. Tidak Dipublikasikan. Malang: Perusahaan Umum (PERUM) Jasa Tirta I.
- Perusahaan Umum (PERUM) Jasa Tirta I. 2008. Echo Sounding (Pengukuran Penampang Melintang Waduk) Wonorejo. Tidak Dipublikasikan. Malang: Perusahaan Umum (PERUM) Jasa Tirta I.

Perusahaan Umum (PERUM) Jasa Tirta I. 2011. Echo Sounding (Pengukuran Penampang Melintang Waduk) Wonorejo. Tidak Dipublikasikan. Malang: Perusahaan Umum (PERUM) Jasa Tirta I.

Priyantoro, Dwi. 1987. Teknik Pengangkutan Sedimen. Malang: Himpunan Mahasiswa Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Varshney, R.S. 1979. Engineering Hidrology. India: Bhagalpur College of Engineering Bhagalpur.

Yang, Chih Ted. 1976. Sedimentasi Transportasi. New York: Mc Graw Hill Companies, Inc.