

# Keakuratan Prediksi Inflow Waduk Dengan Neraca Air Waduk

Dyah Ari Wulandari, Hary Budienny, Dwi Kurniani

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

Dalam perhitungan inflow waduk sering digunakan persamaan neraca air waduk yang menggunakan data seri laporan harian operasi waduk, evaporasi dan curah hujan diwaduk, dan lengkung H-V-A waduk. Pada pengamatan data series laporan harian operasi waduk dan pengukuran kapasitas tampungan waduk, dapat terjadi kesalahan yang disebabkan karena kesalahan faktor manusia maupun faktor alat, hal ini akan menyebabkan kesalahan pula pada besarnya inflow waduk yang dihasilkan. Lebih lanjut di dalam perencanaan, data series inflow waduk ini diperlukan sebagai input pada pemodelan optimasi operasi waduk dan sedimentasi waduk, sehingga keakuratan datanya sangat diperlukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi tingkat akurasi penggunaan neraca air waduk dalam memprediksi inflow waduk. Untuk mengetahui tingkat akurasi dilakukan dengan membandingkan antara inflow waduk dari anak sungai hasil pengukuran dan hasil hitungan dengan persamaan neraca air waduk. Kemudian dilakukan variasi periode pengukuran dan kurva H-V-A yang digunakan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka pada periode perhitungan yang lebih lama menghasilkan tingkat error yang lebih kecil. Pemakaian kurva waduk yang berbeda menghasilkan inflow yang berbeda. Tingkat error yang didapat masih cukup besar, diatas 30 %, sehingga perhitungan inflow waduk dari anak sungai dengan menggunakan metode neraca air waduk kurang akurat.

**Kata kunci:** inflow waduk; neraca air waduk; tingkat akurasi

## Abstract

**[Title: Accuracy of Reservoir Inflow Prediction Using Reservoir Water Balance]** In the calculation of reservoir inflow often used reservoir water balance equation using the data series of daily reports reservoir operation, evaporation and precipitation, and H-V-A curve. In observation of the data series of daily reports of reservoir operation and measurement of reservoir storage capacity, the errors may occur due to human error factor and factor appliance. This will cause an error on the reservoir inflow generated. Further, in the planning, this series data of reservoir inflow is required as input to the modeling of reservoir operation optimization and reservoir sedimentation, so the accuracy of the data are required. The purpose of this study was to evaluate the use of the reservoir water balance accuracy rate in predicting inflow. To determine the level of accuracy, the effort is done by comparing the inflow tributary reservoirs of measurement and the count with the reservoir water balance. Then perform variations of the measurement period and curves H-V-A is used. Based on the research conducted in the period longer calculation produces a smaller error. The different H-V-A curve results in the different inflow. Error rate obtained is still quite large, above 30%, so the calculation of tributary inflow reservoirs using reservoir water balance method is less accurate.

**Keywords:** reservoir inflow; reservoir water balance; accuracy level

## 1. Pendahuluan

Inflow waduk banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berkaitan dengan kondisi hidrologi DTA, karakteristik DTA dan tata guna lahan. Inflow waduk dapat diprediksi dengan menghitung debit aliran DTA atau mengukur debit langsung pada tiap anak sungai yang masuk masuk atau menggunakan persamaan neraca air waduk. Pemilihan metode yang digunakan untuk memprediksi inflow waduk tergantung dari

ketersediaan data yang ada. Persamaan neraca air waduk lebih sering digunakan karena data yang tersedia biasanya relatif lebih lengkap dan dianggap lebih akurat dari metode yang lainnya. Lebih lanjut di dalam perencanaan, data series inflow waduk diperlukan sebagai input pada pemodelan optimasi operasi waduk dan sedimentasi waduk, sehingga keakuratan datanya sangat diperlukan. Hasil model akan bias apabila terjadi kesalahan input data. Menurut McMohan (2009) dalam pemodelan operasi waduk, kesalahan input data dapat menyebabkan model secara konsisten akan kurang atau berlebihan dalam memperkirakan pelepasan waduk. Sedangkan

---

\* Penulis Korespondensi.

E-mail: dyahariwulandari@yahoo.co.id

menurut Salas and Shin (1999) kesalahan data inflow dapat menyebabkan ketidakpastian dalam memprediksi sedimentasi waduk.

Untuk menghitung inflow waduk dengan persamaan neraca air waduk diperlukan data besarnya outflow waduk, penguapan dan curah hujan di waduk, dan pengamatan tinggi muka air waduk yang didapat dari laporan operasi waduk. Selain itu untuk menentukan kapasitas tampungan waduk dan luas permukaan waduk diperlukan data Lengkung elevasi-volume-luas yang didapat dari pengukuran batimetri waduk. Kesalahan yang mungkin muncul ada pada pengamatan data series laporan harian operasi waduk dan pengukuran kapasitas tampungan waduk, selain itu biasanya data lengkung elevasi-volume-luas tidak tersedia secara kontinu karena biaya pengukurannya yang mahal. Hal ini akan menyebabkan kesalahan pula pada besarnya inflow waduk yang dihasilkan. Selama ini belum ada penelitian yang mengevaluasi hasil prediksi inflow waduk dengan rumus neraca air waduk. Sehingga diperlukan adanya evaluasi tingkat akurasi penggunaan neraca air waduk dalam memprediksi inflow waduk.

## 2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian adalah Waduk Wonogiri di Kabupaten Wonogiri Propinsi Jawa Tengah. Data pengukuran tinggi muka air sungai dan *rating curve* tiap anak sungai yang masuk Waduk Wonogiri didapat dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo (Kementerian PU, 2007b) periode November 2004 – 15 Mei 2005. Data laporan harian operasi waduk periode 1 Nov 2004 – 15 Mei 2005 dan data Lengkung elevasi-volume-luas tahun 2008 didapatkan dari Perum Jasa Tirta I. Data Lengkung elevasi-volume-luas tahun 2004 didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. Inflow waduk dari anak sungai dihitung dengan cara sebagai berikut:

(a). Berdasarkan data pengukuran tinggi muka air sungai dan *rating curve* tiap anak sungai akan diperoleh inflow waduk dari anak sungai. Data pengukuran tinggi muka air sungai meliputi seluruh rangkaian data pada saat muka air tinggi maupun pada saat muka air rendah dan meliputi tahapan datangnya banjir atau turunnya banjir. Inflow ini dihitung untuk seluruh anak sungai, sehingga dengan menjumlahkan akan didapat inflow total dari anak sungai ( $Q_p$ ).

(b). Berdasarkan data laporan harian operasi waduk harian, evaporasi dan curah hujan diwaduk, dan lengkung H-V-A dihitung inflow waduk dari anak sungai ( $Q_n$ ) menggunakan persamaan neraca air waduk. Variasi perhitungan dilakukan terhadap lama waktu dan lengkung H-V-A. Lama waktu ini digunakan untuk menentukan data laporan operasi waduk yang digunakan dalam analisis. Data yang digunakan ditentukan data harian, data 2 mingguan dan data bulanan. Sedang lengkung H-V-A digunakan kurva yang diukur saat perhitungan dan kurva terdekat yang diukur sebelum atau sesudahnya.

Persamaan neraca air waduk :

$$I_i = (X_{i+1} - X_i) + O_i - R_i + E_i$$

dimana:  $I_i$  = inflow dari anak sungai pada periode  $i$ ;  $X_i$  = Kapasitas tampungan waduk (*storage*) pada awal periode  $i$ ;  $X_{i+1}$  = kapasitas tampungan waduk (*storage*) pada awal periode  $i+1$ ;  $O_i$  = outflow waduk pada periode  $i$ ;  $E_i$  = volume penguapan (*evaporation*) waduk pada periode  $i$ ;  $R_i$  = volume curah hujan waduk pada periode  $i$ .

Tingkat akurasi dicari dengan membandingkan inflow hasil hitungan dan inflow hasil pengukuran, dalam hal ini metode 1 dianggap lebih akurat. Selain itu dicari juga tingkat perbedaan antara inflow hasil hitungan yang menggunakan kurva H-V-A saat periode perhitungan dan inflow hasil hitungan yang menggunakan kurva H-V-A terdekat sebelum atau sesudah periode perhitungan. Untuk mengetahui tingkat akurasi antara  $Q_p$  dan  $Q_n$  maka dihitung kesalahannya (*error*) dengan rumus sebagai berikut:

$$Error = \left| \frac{Q_p - Q_n}{Q_p} \right| \cdot 100\%$$

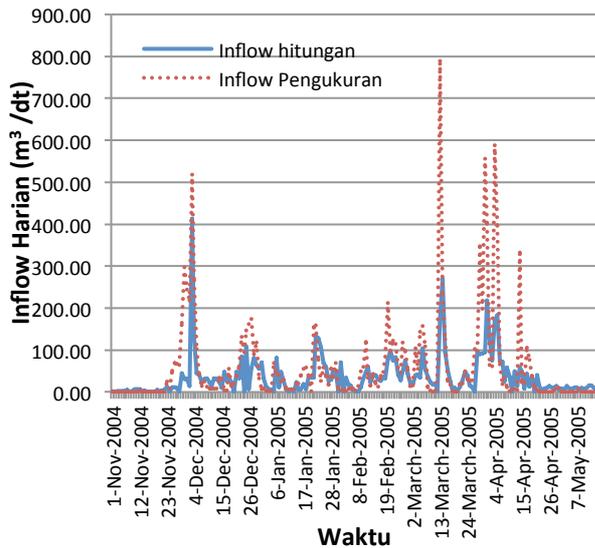
## 3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 sampai dengan Gambar 3 merupakan perbandingan inflow harian waduk dari anak sungai hasil hitungan dan inflow harian pengukuran periode 1 Nop 2004 – 15 Mei 2005. Meskipun tidak tepat sama tetapi keduanya menunjukkan kecenderungan yang sama. Berdasarkan Tabel 1 inflow waduk dari anak sungai yang dihitung dengan periode 2 mingguan dan bulanan menghasilkan *error* yang hampir sama. Sedangkan apabila dibandingkan dengan inflow waduk dari anak sungai yang dihitung dengan periode harian, inflow waduk dari anak sungai yang dihitung dengan periode 2 mingguan dan bulanan menghasilkan *error* yang lebih kecil. Pada periode perhitungan harian menghasilkan tingkat *error* yang besar, hal ini disebabkan ukuran waduk yang luas sehingga fluktuasi muka air waduk yang terbaca dalam satu hari kurang sesuai dengan kondisi hidrologi yang sesungguhnya (terjadi keterlambatan respon). Pada periode perhitungan 2 mingguan dan bulanan menghasilkan tingkat *error* yang lebih kecil, hal ini karena keterlambatan respon fluktuasi muka air waduk akibat hujan dan evaporasi yang terjadi dapat dieliminir dengan periode perhitungan yang lebih lama.

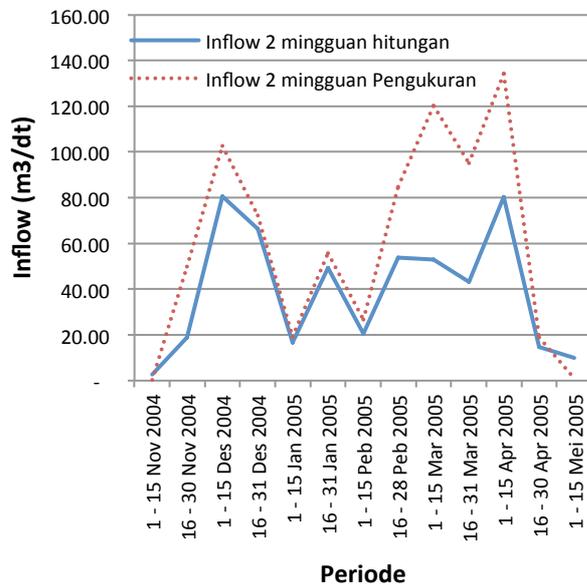
Gambar 4 menunjukkan perbandingan antara inflow harian waduk dari anak sungai yang dihitung dengan kurva H-V-A tahun 2004 dan inflow dengan kurva H-V-A tahun 2008. Perbedaan yang didapat rata – rata sebesar 29,51 %, perbedaan ini dikarenakan luasan waduk yang dihasilkan pada kurva H-V-A waduk tahun 2008 lebih kecil sehingga berpengaruh pada besarnya inflow waduk dari anak sungai yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil perhitungan inflow harian waduk dari anak sungai dengan menggunakan persamaan neraca air waduk didapat ada inflow negatif. Inflow negatif ini dapat disebabkan karena

hujan di waduk besar tetapi kenaikan muka air waduk kecil sementara outflow waduk dan evaporasi kecil, atau hujan di waduk besar tetapi muka air waduk tidak mengalami perubahan sementara outflow waduk dan evaporasi kecil, atau terjadinya penurunan elevasi muka air waduk sementara di waduk terjadi hujan, atau terjadinya penurunan elevasi muka air waduk yang tidak seimbang dengan besarnya outflow waduk dan evaporasi, atau evaporasi besar.



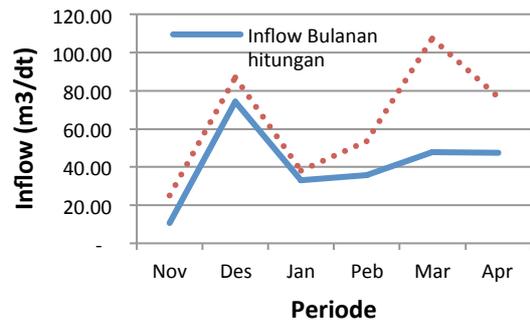
**Gambar 1.** Perbandingan Inflow Harian Hitungan dan Pengukuran



**Gambar 2.** Perbandingan Inflow 2 Minggu Hitungan dan Pengukuran

Hal ini kemungkinan disebabkan karena kesalahan pengamatan operator/ kesulitan pembacaan papan duga air terutama untuk nilai desimal lebih dari 1 desimal, evaporasi yang terjadi kecil atau keterlambatan respon kenaikan muka air waduk akibat hujan yang terjadi di waduk karena ukuran waduk

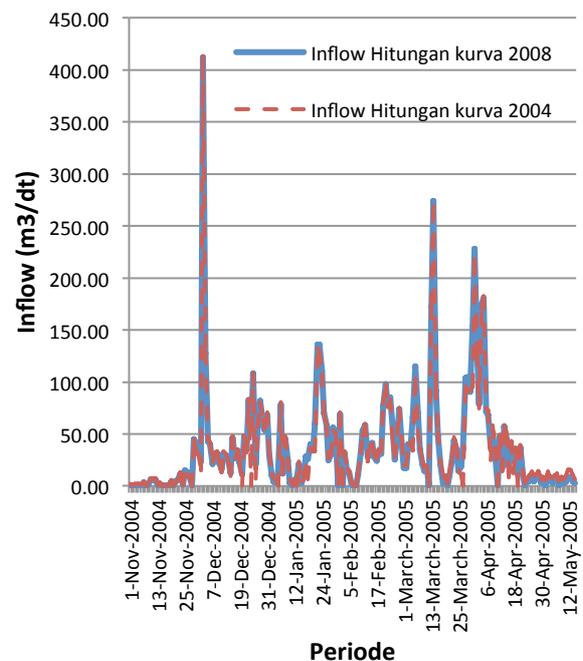
yang besar. Menurut Wilhelm dkk. (2005) inflow negatif dapat disebabkan karena pengaruh evaporasi (Wilhelm dkk., 2005). Karena inflow tidak mungkin negatif maka untuk inflow negatif diasumsikan tidak ada inflow dari anak sungai (inflow = 0), fluktuasi muka air waduk hanya dipengaruhi oleh evaporasi dan hujan yang terjadi di waduk. Pada Perhitungan inflow 2 mingguan dan bulanan waduk dari anak sungai, hasilnya tidak ada yang negatif.



**Gambar 3.** Perbandingan Inflow Bulanan Hitungan dan Pengukuran

**Tabel 1.** Rekapitulasi nilai error antara inflow pengukuran dan inflow hitungan

Periode	Error rata - rata
Harian	318,33
2 Minggu	31,78
Bulanan	30,93



**Gambar 4.** Perbandingan Inflow Harian Dengan Kurva H-V-A Tahun 2004 dan Inflow Harian Dengan Kurva H-V-A Tahun 2008

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan inflow waduk dari anak sungai yang dihitung dengan periode 2 mingguan dan bulanan lebih akurat daripada perhitungan inflow waduk dari anak sungai yang dihitung dengan periode harian. Pemakaian kurva waduk yang tidak sesuai dengan periode perhitungan menghasilkan inflow waduk dari anak sungai yang berbeda. Error yang didapat masih cukup besar, diatas 30 %, sehingga perhitungan inflow waduk dari anak sungai dengan menggunakan metode neraca air waduk kurang akurat. Saran dalam penggunaan persamaan neraca air waduk harus didukung dengan seri data yang cukup lengkap untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, dan akan lebih baik apabila pada setiap anak sungai yang masuk waduk dipasang alat pengukuran tinggi muka air otomatis untuk mengetahui debitnya.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik Undip yang telah mendanai penelitian ini lewat skim Penelitian Pengembangan Teknologi. Terimakasih juga disampaikan kepada BBWS Bengawan Solo dan Perum Jasa Tirta I yang telah meminjamkan datanya untuk penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Kementerian PU. (2007a). *Volume I : Executive Summary The Study On Countermeasures For Sedimentation in The Wonogiri Multipurpose Dam Reservoir In The Republic Of Indonesia*. JICA.
- Kementerian PU.(2007b). *Volume III : Supporting Report I The Study On Countermeasures For Sedimentation in The Wonogiri Multipurpose Dam Reservoir In The Republic Of Indonesia*. JICA.
- McMahon, G.F. (2009). Editorial: Models and Realities of Reservoir Operation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 135(2), 57-59.
- Salas, J.D. and Shin, H.S. (1999). Uncertainty Analysis Of Reservoir Sedimentation. *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(4), 339-350.
- Wilhelm, F.M., Trimble, P.J., Podesta, G., Letson, D., Broad, K. (2005). Climate –Based Estimation of Hydrologic Inflow into Lake Okeechobee, Florida. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131(5), 394-401.