

KAJIAN KEANDALAN WADUK SEMPOR

Agung Setiawan

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat
Jl. Majapahit No. 62 Mataram
email : agung_setiawan@yahoo.com

ABSTRAKSI

Waduk Sempor merupakan sumber air permukaan untuk berbagai kegiatan masyarakat, baik untuk irigasi, domestik, industri, maupun untuk PLTA di Kabupaten Kebumen. Waduk Sempor melayani Daerah Irigasi Sempor dengan luas eksisting 6.363 Ha, melalui Saluran Induk. Daya tampung dari kedua waduk tersebut semakin menurun karena laju sedimentasi yang cukup tinggi. Sedangkan kebutuhan air bagi masyarakat setempat untuk berbagai kepentingan cenderung semakin meningkat. Untuk itu diperlukan suatu studi mengenai optimasi pemanfaatan air dari Waduk Sempor untuk masa yang akan datang.

Simulasi dan optimasi model program linier digunakan untuk analisa data. Simulasi operasi waduk, dihitung berdasarkan perhitungan data ketersediaan air dari tahun 1988 – 1999, dengan tingkat pemenuhan air (*release*) Waduk Sempor 75 % dengan efisiensi Saluran Induk Sempor 70 %, masih terjadi kegagalan operasi waduk. Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan simulasi operasi waduk dan penerapan teknik optimasi pengalokasian air. Diharapkan apabila sistem irigasi kurang terpenuhi oleh waduk maka dapat diketahui faktor pemenuhan kebutuhan air (faktor K) sebagai pedoman operasi Waduk. Analisa data menggunakan fasilitas Solver pada program Microsoft Excel.

Hasil analisa perhitungan pemenuhan kebutuhan air menunjukkan bahwa tingkat pemenuhan air (keandalan) pada bendung-bendung Sistem Irigasi Sempor masih kurang sebesar 62,51 % sehingga masih membutuhkan suplai air dari Waduk Sempor. Optimasi model menunjukkan fungsi dari operasi waduk adalah kurang lebih 96,88%.

Keywords: keseimbangan kebutuhan air, simulasi operasi waduk, optimasi, program linier

ABSTRACT

Sempor reservoir is surface water resources of Kebumen Regency. The reservoir is utilized for irrigation, domestic water supply and electric generation purpose. The reservoir system cover 6,363 ha of irrigation area, consecutively. Irrigation water is delivered through Sempor Main Canal. Currently, the problem to be coped with is the degrading capacity of these reservoirs, with increasing water demand on the other hand. Therefore, analyzes on water utilization pattern and allocation of these reservoirs is required in order to optimally fullfill water demand in the future.

Simulation and linear programming optimization models are used for the analysis. The simulation of the reservoirs' operation using inflow data of 1988 to 1999, release value of 75 % and assuming Main Canal Efficiency of 70 %, is carried out to identify the reservoirs operation reliability, referring to water balance equation. The objective function of the optimization is to maximize water demand fulfilling (K factor) with reservoir release and water demand of the irrigation area as the constraint functions. Software used in this analysis is the Solver facility in Microsoft Excel Program.

Results of the water balance calculation and simulation for the existing operation of show that failure levels of water release to meet demand of Sempor Irrigation System is 62.51%, respectively the optimization model improves performance of reservoir operation, with reliability level of 96.88 %, subsequently.

Keywords: water balance, reservoir operation simulation, optimization, linear programming.

1. PENDAHULUAN

Waduk Sempor merupakan sumber air permukaan untuk berbagai kegiatan masyarakat, baik untuk irigasi, domestik, industri, maupun untuk PLTA di Kabupaten Kebumen. Waduk Sempor melayani Daerah Irigasi Sempor dengan luas eksisting 6.363 Ha, melalui Saluran Induk Sempor Barat dan Saluran Induk Sempor Timur. Secara geografis Waduk Sempor terletak sekitar 07° 29' LS dan 109° 29' BT.

Kondisi sekarang ini daya tampung dari kedua waduk tersebut semakin menurun karena laju sedimentasi yang cukup tinggi yaitu sebesar 0,334 juta m³/tahun untuk Waduk Sempor. Sedangkan kebutuhan air bagi masyarakat setempat untuk berbagai kepentingan seperti irigasi, air baku dan PLTA cenderung semakin meningkat. Kurang optimalnya pengalokasian air dari Waduk Sempor mengakibatkan masih banyak Daerah Irigasi Sempor yang belum tercukupi kebutuhan airnya. Untuk itu diperlukan suatu studi mengenai optimasi pemanfaatan air dari Waduk Sempor.

Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan simulasi operasi waduk dan penerapan teknik optimasi pengalokasian air. Dengan simulasi dan optimasi waduk, diharapkan apabila sistem irigasi kurang terpenuhi oleh waduk maka dapat diketahui faktor pemenuhan kebutuhan air (faktor K) sebagai pedoman operasi Waduk Sempor.

2. NERACA AIR

2.1. Ketersediaan Air

a. Ketersediaan air di bendung.

Dihitung berdasarkan analisa debit air andalan 80 % dengan metode Weibull dalam Standar Perencanaan Irigasi (1986).

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100 \%$$

dengan :

- P = probabilitas kejadian debit disamai atau dilampaui (%) ,
- m = nomor urut data dari besar ke kecil,
- n = jumlah data.

b. Ketersediaan air di lahan.

Berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi (1986), perhitungan curah hujan efektif harian dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Hujan efektif harian untuk padi} &= 0,70 \times R_{80/15} \\ \text{Hujan efektif harian untuk palawija} &= 0,70 \times R_{50/15} \end{aligned}$$

dengan:

- R₈₀ = hujan tengah bulanan dengan keandalan 80 % (mm),
- R₅₀ = hujan tengah bulanan dengan keandalan 50 % (mm).

2.2. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan.

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya sangat menentukan kebutuhan maksimum air irigasi yang digunakan pada suatu daerah.

$$IR = M \left[\frac{e^k}{e^k - 1} \right]$$

dengan :

- IR = kebutuhan irigasi untuk penyiapan lahan (mm/hari),
- M = kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah jenuh,
= $E_o + P$ (mm/hari),
- E_o = $1,1 \times ET_o$, evaporasi terbuka selama masa penyiapan lahan,
- P = perkolasi (mm/hari),
- k = $M(T/S)$ (hari),
- T = jangka waktu penyiapan lahan, digunakan 30 hari,
- S = kebutuhan air untuk penjumlahan air ditambah dengan lapisan air yaitu 50 mm (250 – 300 mm untuk tanaman padi dan 50 – 100 mm untuk tanaman ladang).

b. Kebutuhan Air Konsumtif.

Kebutuhan air untuk tanaman di lahan diartikan sebagai kebutuhan air konsumtif, dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

dengan :

- ET_c = kebutuhan air konsumtif (mm/hari),
- ET_o = evapotranspirasi tetapan / acuan (mm/hari),
- K_c = koefisien tanaman.

c. Kebutuhan air di bangunan pengambilan.

Untuk memenuhi jumlah air yang harus disediakan di bangunan pengambilan dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$DR = \frac{N_{FR} \cdot A}{IE}$$

dengan :

- DR = kebutuhan air di pintu pengambilan (liter/detik),
- N_{FR} = kebutuhan air di persawahan (liter/detik/ha),
- A = luas areal irigasi (ha),
- IE = efisiensi irigasi

3. OPERASI PENGATURAN PELEPASAN AIR WADUK

Pengaturan pelepasan air waduk multi guna dapat dilakukan dengan pendekatan pola operasi standar (*standard operating rule*), (Jayadi, 2000), seperti terlihat dalam Gambar 2.

$$R(t) = S(t) + I(t) - E(t) - DS ; \text{ jika } S(t) + I(t) - E(t) - DS \leq R_T$$

$$R(t) = R_T ; \text{ jika } R_T < S(t) + I(t) - E(t) - DS \leq R_T + Kw - DS$$

$$R(t) = S(t) + I(t) - E(t) - Kw ; \text{ jika } S(t) + I(t) - E(t) > R_T + Kw$$

$$R(t) = 0 ; \text{ jika } S(t) + I(t) - E(t) \leq DS$$

dengan :

R_T = nilai target *release* waduk (m^3),

$R(t)$ = *release* waduk saat ke t (m^3),

$S(t)$ = tampungan (*storage*) waduk saat ke t (m^3),

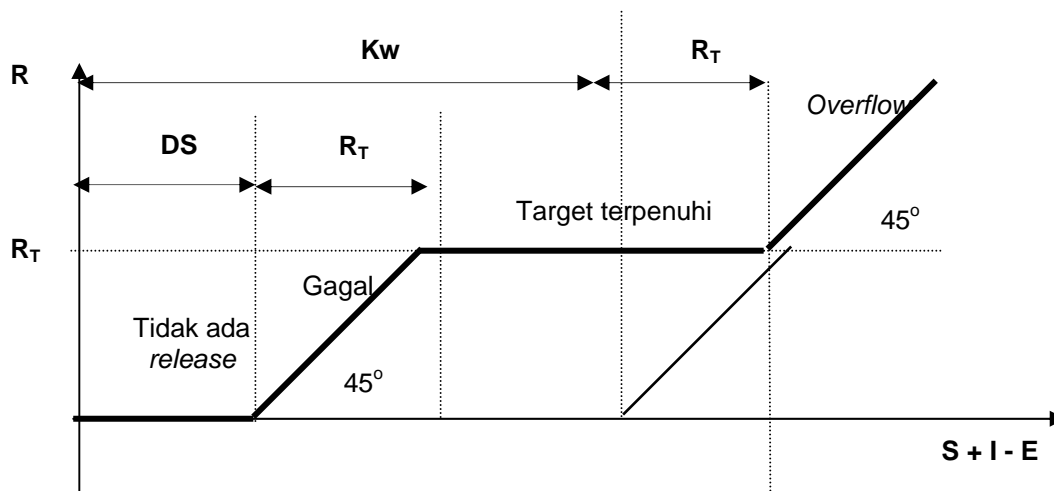
$I(t)$ = masukan (*inflow*) air ke dalam waduk saat ke t (m^3),

$E(t)$ = kehilangan air akibat evaporasi di waduk saat ke t (m^3),

DS = tampungan minimum waduk (m^3),

Kw = kapasitas waduk (m^3).

IE = efisiensi irigasi



Gambar 1. Grafik *Standard Operating Rule*

Pengertian dari grafik di atas prinsipnya simulasi dilakukan dengan melakukan coba ulang nilai target release R_T sedemikian sehingga kriteria optimal penggunaan air dicapai. Simulasi tampungan waduk dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$S_{t+1} = S_t + I_t - E_t - O_t$$

$$0 \leq S_t \leq Kw$$

dengan :

t = jumlah diskret waktu (24 periode 15 harian),

S_{t+1} = tampungan (*storage*) waduk saat awal ke t (m^3),

S_t = tampungan (*storage*) waduk saat akhir ke t (m^3),

I_t = masukan (*inflow*) air ke dalam waduk saat ke t (m^3),

- E_t = kehilangan air akibat evaporasi di waduk saat ke t (m^3),
- O_t = pelepasan (*outflow*) air dari waduk saat ke t (m^3),
- K_w = kapasitas waduk (m^3).
- I_t = masukan (*inflow*) air ke dalam waduk saat ke t (m^3),

Dalam metode simulasi operasi waduk untuk mencapai hasil yang optimal, tingkat keandalan waduk dihitung dengan persamaan :

$$R = \frac{n}{N} \times 100 \%$$

dengan :

- R = tingkat keandalan waduk (%),
- n = jumlah kegagalan operasi waduk selama periode waktu setengah bulanan,
- N = panjang data periode waktu setengah bulanan.

4. ANALISIS OPTIMASI

Langkah untuk melakukan analisis optimasi dengan program linier adalah dengan membuat data masukan (input) dan membuat formulasi model yang meliputi tahapan pendefinisian komponen-komponennya. Komponen model matematik tersebut meliputi variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala. Tahapan tersebut dapat diuraikan secara lengkap sebagai berikut ini.

4.1. Variabel keputusan

Optimasi yang dilakukan dalam operasi waduk dengan deskret waktu setengah bulanan, untuk variabel keputusan berupa besaran alokasi air yang akan didapat setelah kegiatan optimasi dilakukan dengan memasukkan faktor kendala yang ada.

4.2. Fungsi tujuan

Berdasarkan pada variable keputusan seperti di atas, maka dapat disusun fungsi tujuan (*objective function*) seperti di bawah ini.

$$Max K = \left[\begin{array}{l} \frac{QA_{DS(t)}}{QB_{DS(t)}} + \frac{QA_{FS(t)}}{QB_{FS(t)}} + \frac{QA_{I1(t)}}{QB_{I1(t)}} + \frac{QA_{I2(t)}}{QB_{I2(t)}} + \frac{QA_{I3(t)}}{QB_{I3(t)}} + \frac{QA_{I4(t)} + QA_{I5(t)}}{QB_{I4(t)}} + \\ \frac{QA_{DW(t)}}{QB_{DW(t)}} + \frac{QA_{FW(t)}}{QB_{FW(t)}} + \frac{QA_{I6(t)}}{QB_{I6(t)}} + \frac{QA_{I7(t)}}{QB_{I7(t)}} + \frac{QA_{I8(t)}}{QB_{I8(t)}} + \frac{QA_{I9(t)}}{QB_{I9(t)}} + \frac{QA_{I10(t)}}{QB_{I10(t)}} + \\ \frac{QA_{I11(t)}}{QB_{I11(t)}} + \frac{QA_{I12(t)}}{QB_{I12(t)}} + \frac{QA_{I13(t)}}{QB_{I13(t)}} + \frac{QA_{I14(t)}}{QB_{I14(t)}} \end{array} \right]$$

4.3. Fungsi Kendala

Untuk kasus dalam optimasi ini dapat disusun fungsi kendala sebagai berikut.

- a. Kendala *release* waduk. Tujuan dari keberadaan fungsi kendala ini supaya penjumlahan dari tiap alokasi air yang terpenuhi untuk masing-masing kebutuhan yang ada tidak melebihi dari jumlah *release* Waduk Sempor dan Waduk Wadaslintang.

- b. Kendala kebutuhan air. Kendala ini mensyaratkan supaya jumlah alokasi air untuk masing-masing kebutuhan tidak melebihi dari jumlah kebutuhan maksimum. Khusus untuk kebutuhan domestik, industri dan penggelontoran (*flushing*) dari Waduk Sempor dan Waduk Wadaslintang dalam pemenuhan kebutuhan mendapat prioritas utama, karena dalam operasi kedua waduk mengalokasikan pada setiap *release* untuk kebutuhan domestik, industri dan penggelontoran (*flushing*).
- c. Kendala non-negatif. Keberadaan kendala ini secara matematik berfungsi supaya setiap pengalokasian air dalam memenuhi setiap kebutuhannya dapat berada dalam daerah bilangan yang positif atau sama dengan nol

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Sistem Irigasi Sempor

Analisis neraca air dilakukan setelah dua tahapan perhitungan sebelumnya yaitu, analisis ketersediaan air dan analisis kebutuhan air. Dalam perhitungan imbalan air antara ketersediaan dan kebutuhan air dihitung berdasarkan periode setengah (1/2) bulanan. Dari hasil perhitungan neraca air untuk bendung-bendung di Sistem Irigasi Sempor dapat diketahui keandalannya seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Keandalan Bendung-bendung Sistem Irigasi Sempor

Bendung	Kecukupan (%)	Kegagalan (%)
Bantar	37,5	62,5
Bojong	62,5	37,5
Watubarut	12,5	87,5
Rowokawuk	45,8	54,2
Sindut	33,33	66,67
Kejawang	33,33	66,67

5.2. Operasi Waduk

Untuk mengetahui potensi layanan Waduk Sempor dilakukan dengan melakukan simulasi operasi Waduk, besarnya *release* waduk dihitung berdasarkan perhitungan kebutuhan air. Dari tahun 1988 – 1999 periode ½ bulanan, jumlah periode yang gagal sebesar 9 periode, seperti terlihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil analisa tersebut di atas, ternyata dengan tingkat pemenuhan air (*release*) Waduk Sempor 75 % dan efisiensi Saluran Induk Sempor 70 %, masih terjadi kegagalan operasi waduk. Untuk mengurangi tingkat kegagalan, dicoba mengurangi *release* sampai dengan batas tampungan minimum (*dead storage*) pada periode kegagalan, sehingga Waduk Sempor dapat beroperasi dalam artian tampungan akhir waduk tidak di bawah batas tampungan minimum.

Tabel 2. Tingkat Keandalan Waduk Sempor Tahun 1988 – 1999

No.	Tahun	Jumlah Periode Gagal	Prosentase (%) Gagal	Prosentase (%) Sukses
1	1988	0	0	100
2	1989	0	0	100
3	1990	0	0	100
4	1991	0	0	100
5	1992	0	0	100
6	1993	0	0	100
7	1994	4	16,67	83,33
8	1995	0	0	100
9	1996	0	0	100
10	1997	4	16,67	83,33
11	1998	1	4,17	95,83
12	1999	0	0	100

5.3. Optimasi Alokasi Air Waduk Sempor

Untuk periode-periode Waduk Sempor mengalami kegagalan operasi, yaitu Tahun 1994, Tahun 1997 dan Tahun 1998, pada saat *release* waduk tidak mencukupi pemenuhan kebutuhan air, maka dilakukan optimasi alokasi kebutuhan air berdasarkan prioritas. Skala prioritas yang dimaksud adalah Daerah Irigasi yang terletak di hulu waduk akan mendapatkan pemenuhan air (faktor K) lebih besar atau sama dengan Daerah Irigasi yang terletak di hilir.

Berdasarkan hasil perhitungan optimasi alokasi air dari Waduk Sempor untuk pemenuhan kebutuhan air irigasi dan non irigasi dapat dijelaskan bahwa perlu dibuat pedoman operasi Waduk Sempor guna mendapatkan alokasi air yang optimal. Pedoman tersebut diperlukan terutama pada bulan November sampai dengan bulan Januari karena pada bulan-bulan tersebut merupakan awal musim tanam, sehingga kebutuhan air irigasi besar sedangkan ketersediaan air di waduk belum mencukupi.

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut ini.

- Tingkat pemenuhan air (keandalan) pada bendung-bendung Sistem Irigasi Sempor sebesar 37,49 %, sehingga masih membutuhkan suplai air dari Waduk Sempor.
- Berdasarkan simulasi operasi Waduk Sempor dengan data ketersediaan air (*inflow*) dari tahun 1988 sampai dengan 1999, *release* 75 % dan efisiensi Saluran Induk 70 %, Waduk Sempor tingkat kegagalan operasi tahun 1994 sebesar 16,67 %, tahun 1997 sebesar 16,67 % dan tahun 1998 sebesar 4,17 %.
- Kegagalan operasi Waduk Sempor dapat diatasi dengan pengurangan *release* Waduk sampai dengan batas tampungan minimum (*dead storage*) dan efisiensi pada saluran induk. Daerah Irigasi yang kurang mendapat suplai air pada saat Waduk Sempor mengalami kegagalan operasi meliputi DI. Sindut dan DI. Kejawang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi KP-01*, Direktorat Jendral Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Jayadi, R., 2000, *Teknik Optimasi untuk Pengelolaan Sumberdaya Air*, Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- Taufik, M., 2005, *Kajian Pola Pemanfaatan Air Waduk Secara Simultan (Studi Kasus Waduk Sempor dan Waduk Wadaslintang)*, MPSA, UGM, Yogyakarta.