

STUDI ANALISIS EKONOMI PADA PENGELOLAAN AIR WADUK SEMPOR

ECONOMIC ANALYSIS STUDY FOR WATER MANAGEMENT OF SEMPOR RESERVOIR

Muhammad Sidik Permana^{*1}, Nurul Azizah², Wahyu Widiyanto³, Idham Riyando Moe⁴

*Email: muhammad.sidik.p@mail.ugm.ac.id

¹Program Doktor, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

²Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

³Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

⁴Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia

Abstrak — Waduk Sempor terletak di Kecamatan Gombang, Kabupaten Kebumen. Saat ini daya tampung waduk semakin menurun, sedangkan kebutuhan air bagi masyarakat untuk berbagai keperluan seperti irigasi, air baku, industri, dan PLTA cenderung semakin meningkat. Untuk itu diperlukan suatu usaha mengevaluasi serta mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan ketersediaan dan pemanfaatan air waduk. Studi ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai jual pemanfaatan air waduk, sehingga dapat digunakan sebagai sumber pembiayaan operasional dan pemeliharaan. Perhitungan pendapatan optimum Waduk Sempor dalam pengelolaan air dilakukan dengan cara melakukan analisis optimasi pemanfaatan air menggunakan metode program linier, yang dikombinasikan dengan teknik simulasi operasi pengaturan pelepasan air (*release*) waduk. Inflow waduk dalam perhitungannya menggunakan debit rerata tengah bulanan yang tercatat pada AWLR Sempor dan outflow diperhitungkan sebagai target release yang terdiri dari kebutuhan air untuk irigasi, air baku dan PLTA. Harga air yang ditetapkan untuk pemanfaatan air PLTA diperhitungkan sama dengan air irigasi. Hasil studi menunjukkan bahwa harga air adalah sebesar Rp 81,96 dan Rp 96,57 per meter kubik untuk tahun 2016-2025, pada bunga 15%. Penerapan harga tersebut diyakini akan membangun kemandirian waduk dalam membiayai operasi dan pemeliharaan. Perubahan harga air diusulkan untuk setiap lima tahun sekali, hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam proses sosialisasinya.

Kata kunci: ketersediaan air, pemanfaatan air, optimasi program linier, operasi pengaturan release waduk, harga air.

Abstract — Sempor Reservoir is located in Gombang Subdistrict, Kebumen Regency. Nowadays, storage capacity of the reservoir decreases persistently. On the other hand, water need of community for daily necessities i.e irrigation, domestics, industries, and water power electricity, tends to increase. Based on this reason, it needs an effort to evaluate and indentify problems related to availability and utilization of reservoir water. This study aims to define selling price of reservoir water use, so that it can be used as budget source of operation and maintenance. Optimum income calculation of Sempor Reservoir in water management is carried out by analyzing water use optimization using linear program combined with simulation technique of water release management. Reservoir inflow is calculated based on half-monthly average flow which is recorded at Sempor AWLR. Meanwhile, outflow is counted according to release target comprising of irrigation, domestics and water power electricity. Water price for water power electricity use is considered equal to irrigation use. Results show that water prices are Rp 81.96 and Rp 96.57 per cubic meters at 15% interest ratefor year 2016 – 2025. Implementation of the prices will convince todevelopautonomy of reservoir on budget for operation and maintenance. Water price is proposed changing once in five years, that it is intended to reduce social impact.

Keywords: water availability, water use, linear program optimation, reservoir water release, water price.

I. PENDAHULUAN

Waduk dibangun dengan tujuan untuk menampung kelebihan air pada musim penghujan, dan dimanfaatkan pada musim kemarau. Distribusi

ketersediaan air dapat diatur guna memenuhi kebutuhan air pada suatu waktu dan tempat tertentu (*time and space distribution*). Studi ini meninjau Waduk Sempor sebagai area studi.

Waduk Sempor terletak di Kecamatan Gombang, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah. Waduk ini dimanfaatkan antara lain untuk keperluan irigasi, domestik, industri, dan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Air domestik dan industri terakumulasi penggunaannya melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang mengambil air dari Waduk Sempor. Sehingga secara umum air waduk dipergunakan untuk irigasi dan PDAM. Sistem Irigasi Sempor terdiri dari beberapa daerah irigasi yang mengambil air dari bendung dan suplesi dari Waduk Sempor serta daerah irigasi yang langsung dilayani oleh Saluran Induk Sempor. Luas keseluruhan Sistem Irigasi Sempor eksisting adalah 6.363 ha. Sistem Irigasi Sempor terdiri dari dua sub sistem irigasi, yaitu Sub Sistem Irigasi Sempor Barat dan Sub Sistem Irigasi Sempor Timur [1].

Kondisi saat ini menunjukkan bahwa daya tampung waduk semakin menurun, sedangkan kebutuhan air bagi masyarakat untuk berbagai kepentingan seperti irigasi, domestik, industri, dan PLTA cenderung semakin meningkat. Untuk itu diperlukan suatu usaha mengevaluasi serta mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan ketersediaan dan pemanfaatan air waduk sehingga mampu mandiri dalam pengelolaannya untuk menjamin keberlanjutan fungsi bangunan sumber daya air yang telah dibangun.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemandirian Waduk Sempor secara ekonomi berdasarkan tinjauan ketersediaan, kebutuhan air serta pengusahaan air. Dari hasil studi diharapkan dapat diketahui harga air yang mampu menutupi biaya operasional dan pemeliharaan untuk setiap penerima manfaat air Waduk Sempor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Sebelumnya Yang Relevan

Poernomo [2] melakukan simulasi terhadap model operasi pengaturan air Waduk Sermo yang diikuti dengan analisis model pengelolaan ekonomi selama umur waduk (50 tahun) mengacu pada pola pengelolaan Jasa Tirta I. Pendapatan waduk berasal dari air minum, air industri, dan air untuk PLTA. Sedangkan pengeluaran waduk yaitu biaya pengembalian pinjaman ditambah biaya operasional dan pemeliharaan. Penentuan harga air pada masing-masing kebutuhan menggunakan harga air pada Jasa Tirta I dikarenakan niat pemerintah yang hendak menunjuk Jasa Tirta I sebagai pengelola waduk di wilayah Jawa Tengah. Analisa ketersediaan air waduk menggunakan model Mock dengan alasan

data debit yang tersedia relatif pendek (2 tahun), sedangkan untuk memprediksi debit pada tahun-tahun mendatang menggunakan model pembangkitan debit bulanan dengan model stokastik yang dikembangkan oleh Thomas dan Fiering pada tahun 1962.

Chandra [3] melakukan penelitian optimasi pengelolaan Waduk Sangiran dari sisi ekonomi. Di dalam penelitian ini dibahas tentang kajian ekonomi waduk dari segi pengembalian biaya investasi dengan cara membebaskan biaya pemanfaatan air waduk yang dipergunakan.

B. Ketersediaan Air

Analisa ketersediaan air waduk untuk memprediksi debit pada tahun-tahun mendatang menggunakan model pembangkitan debit bulanan dengan model stokastik di bawah ini.

$$x_{i+1} = x'_{j+1} + b_j(x_i - x_j) + t_i s_{j+1} \sqrt{(1 - r_j^2)} \quad (1)$$

$$b_j = r_{j-s_{j+1}} \quad (2)$$

dengan :

x_{i+1} = bangkitan aliran selama tahun (i+1),

x'_{j+1} = rata-rata data aliran selama tahun (j+1),

b_j = koefisien regresi kuadrat untuk estimasi (j+1),

t_i = angka normal random,

s_{j+1} = standar deviasi,

r_j = serial koefisien korelasi antara j dan (j+1).

C. Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku adalah kebutuhan air yang dibutuhkan oleh penduduk guna memenuhi kebutuhan air dalam satu liter perkapita perhari. Kebutuhan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk, tingkat pertumbuhan, kebutuhan air perkapita dan proyeksi waktu air akan digunakan [4].

$$Q = P_t \cdot q \quad (3)$$

$$P_t = P_0(1+r)^n \quad (4)$$

dengan :

Q = kebutuhan air baku,

P = jumlah penduduk,

q = kebutuhan air (liter/kapita/hari),

P_t = jumlah penduduk tahun proyeksi,

P_0 = jumlah penduduk tahun yang diketahui,

r = persentase pertambahan penduduk per tahun,

n = tahun proyeksi.

D. Kebutuhan Air Irigasi

Hampir selama periode pertumbuhannya padi memerlukan kondisi lahan yang jenuh air. Kebutuhan air tanaman berkisar antara 350-700 mm untuk masa tanam-1 dan sangat sensitif terhadap cekaman air. Evapotranspirasi mulai meningkat pada fase vegetatif dan mencapai maksimum beberapa saat sebelum pembungaan sampai awal pengisian polong. Jika kadar air tanah turun 70-80% dari kondisi jenuh produksi tanaman mulai turun, jika kadar air tanah mencapai 50% produksi turun sampai 50-70% [5].

Kebutuhan air tanaman jagung dan kacang tanah diperkirakan 500-700 mm untuk musim-1 dan kehilangan hasil terbesar karena cekaman air terjadi pada fase pembungaan dan pembentukan biji. Sedangkan kebutuhan air tanaman kedelai sebesar 450-700 mm dan periode yang sensitif terhadap cekaman air adalah pada fase pembentukan buah dan pembungaan. Penurunan hasil tanaman jagung karena kekurangan air pada fase pembungaan diperkirakan dapat mencapai 15 % [6].

E. Program Linier untuk Optimasi Pemanfaatan Air Waduk

Program linier merupakan salah satu model matematik yang cukup populer dan telah lama diterapkan dalam analisis optimasi bidang sumberdaya air. Paket program yang dibuat berdasarkan algoritme Simplex untuk penyelesaian hitungan telah banyak dijumpai, seperti LINDO, Excel Solver dan lain-lain, sehingga model ini cukup mudah penggunaannya [7]

F. Operasi Pengaturan Pelepasan Air Waduk

Pengaturan pelepasan air waduk multi guna dapat dilakukan dengan pendekatan pola operasi standar (*standard operating rule*) [8]. Sedangkan perumusan operasi standar pengaturan air waduk adalah sebagai berikut ini.

$$R(t) = S(t) + I(t) - E(t) - S_m \quad (5)$$

jika $S(t) + I(t) - E(t) - S_m \leq R_T$

$$R(t) = R_T \quad (6)$$

jika $R_T < S(t) + I(t) - E(t) - S_m \leq R_T + K_w - S_m$

$$R(t) = S(t) - I(t) - E(t) - K_w \quad (7)$$

jika $S(t) + I(t) - E(t) > R_T + K_w$

$$R(t) = 0 \quad (8)$$

jika $S(t) + I(t) - E(t) \leq S_m$

dengan :

$$R_T = \text{nilai target release waduk (m}^3\text{)},$$

$$R(t) = \text{release waduk saat ke-t (m}^3\text{)},$$

$$S(t) = \text{tampungan (storage) waduk saat ke t (m}^3\text{)},$$

$$I(t) = \text{masukan (inflow) air ke dalam waduk saat ke-t (m}^3\text{)},$$

$$E(t) = \text{kehilangan air akibat evaporasi di waduk saat ke-t (m}^3\text{)},$$

$$S_m = \text{tampungan mati waduk (m}^3\text{)},$$

$$K_w = \text{kapasitas waduk (m}^3\text{)}.$$

Simulasi tampungan waduk yang dipergunakan untuk mendapatkan nilai target *release* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini [8].

$$S_{(t+1)} = S(t) + I(t) - E(t) - R(t) \quad (9)$$

$$0 \leq S(t) \leq K_w$$

dengan :

$$t = \text{jumlah waktu (24 periode 15 harian)},$$

$$S_{t+1} = \text{tampungan (storage) waduk saat akhir ke-t (m}^3\text{)},$$

$$S_t = \text{tampungan (storage) waduk saat ke t (m}^3\text{)},$$

$$I_t = \text{masukan (inflow) air ke dalam waduk saat ke-t (m}^3\text{)},$$

$$E_t = \text{kehilangan air akibat evaporasi di waduk saat ke-t (m}^3\text{)},$$

$$R_t = \text{pelepasan (release) air dari waduk saat ke-t (m}^3\text{)},$$

$$K_w = \text{kapasitas waduk (m}^3\text{)}.$$

G. Aspek Ekonomi

Dalam studi ini tidak ditinjau biaya investasi melainkan hanya biaya operasional dan pemeliharaan tahunan waduk sebagai acuan analisa kemandirian Waduk Sempor dari segi pembiayaan atau tercapainya nilai BEP (*Break Event Point*).

H. Analisa Manfaat dan Biaya

1) Biaya

Biaya yang dimaksudkan adalah biaya tahunan yang dibutuhkan dalam rangka pengelolaan sumberdaya air untuk mencapai tujuan pengelolaan yang telah direncanakan, biaya tersebut terdiri dari biaya operasional dan pemeliharaan.

2) Manfaat

Manfaat dengan dibangunnya waduk diperoleh dari hasil penjualan air untuk berbagai kebutuhan, seperti air baku, PLTA dan air irigasi. Besarnya nilai manfaat air untuk masing-masing kebutuhan dihitung berdasarkan:

$$Y = \frac{\text{Harga Jual}-\text{Biaya Produksi}}{\text{Jumlah Air Dibutuhkan}} \quad (10)$$

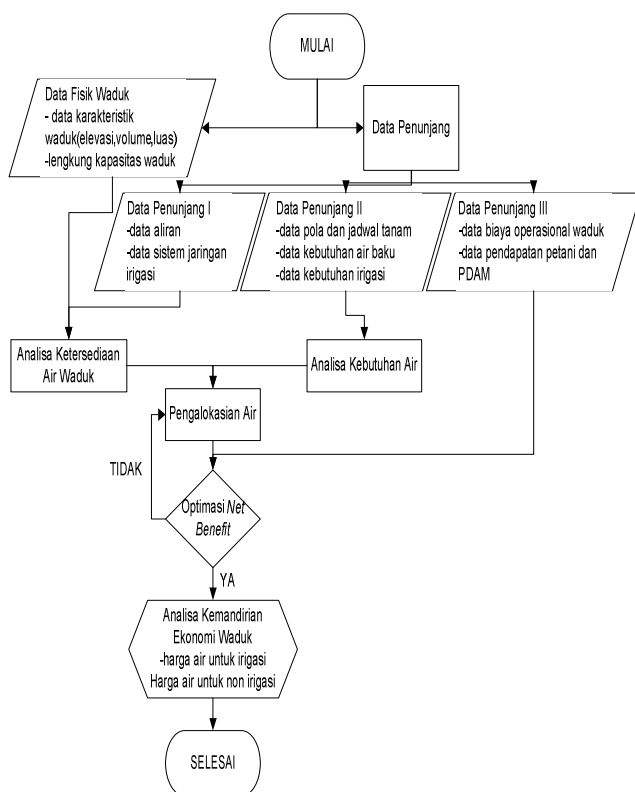
dengan Y adalah nilai manfaat air (Rp/m³).

I. Harga Satuan Air

Untuk dapat mengetahui harga air bagi masing-masing jenis pemenuhan kebutuhan, maka harus dilakukan analisis terhadap berbagai jenis kebutuhan air tersebut beserta analisis terhadap berbagai faktor dan variabel yang mempengaruhi nilai air dari suatu jenis kebutuhan. Di samping itu analisis yang dilakukan akan dikaitkan dengan pola ketersediaan air yang ada, sehingga didapatkan nilai air yang benar-benar obyektif dan proporsional sesuai dengan kondisi yang ada, dimana harga rata-rata listrik pada tahun 2009 adalah Rp 665/kWh, dan direncanakan akan meningkat sebesar 10% per Juli 2010 menjadi rata-rata Rp 703/kWh pada tahun 2010 [9].

III. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan jalannya penelitian secara lengkap ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar-1.



Gambar-1. Bagan alir penelitian.

Data Waduk Sempor yang akan dianalisis diuraikan sebagai berikut ini [1] [9] [10].

1. Waduk Sempor merupakan sumber air permukaan untuk berbagai kegiatan masyarakat, baik untuk irigasi maupun air baku PDAM.
2. Luas keseluruhan Sistem Irigasi Sempor eksisting adalah 6.363 ha.

3. PDAM yang menggunakan air Waduk Sempor adalah PDAM Kebumen.
4. Grafik tampungan Waduk Sempor.
5. Data inflow untuk Waduk Sempor dari tahun 1999 sampai dengan tahun 2009.
6. Data peta jaringan irigasi dan luas daerah Irigasi Sempor.
7. Data kebutuhan air untuk irigasi dan PDAM di Waduk Sempor.
8. Data biaya operasional dan pemeliharaan Waduk Sempor.
9. Data biaya pemeliharaan jaringan irigasi Waduk Sempor.
10. Rumusan hubungan antara tampungan waduk dengan elevasi waduk dan hubungan antara elevasi dengan luas daerah genangan waduk adalah sebagai berikut ini [11].

- a. Hubungan tampungan dengan elevasi

Elevasi < 35 m dpl	$y = 32,22 S^{0,034}$
Elevasi 35 – 60	$y = 32,69 S^{0,236}$
Elevasi > 60	$y = 34,31 S^{0,202}$
- b. Hubungan elevasi dengan luas

Elevasi < 35 m dpl	$A = 7E-54 y^{34,56}$
Elevasi 35 – 60	$A = 5E-05 y^{2,556}$
Elevasi > 60	$A = 3E-05 y^{2,665}$

11. Pertambahan jumlah penduduk pertahun di Kabupaten Kebumen adalah 2 % [10].
12. Jumlah penduduk tahun 2010 adalah 760.469 jiwa [10].
13. Tingkat pelayanan PDAM 2010 adalah 14,83 % dengan rencana kenaikan tingkat pelayanan berkisar $\pm 1\%$ pertahun [10].

A. Simulasi Model Operasi Pengaturan Air Waduk

Dalam penelitian ini dibuat model operasi waduk menurut operasi standar pengaturan air waduk (*standard operating rule*). Kebutuhan air yang diharapkan dapat dipenuhi waduk akan disimulasikan dalam satuan volume (m^3), kebutuhan tersebut meliputi :

$$Q_{ab} = \text{volume kebutuhan air untuk air baku (m}^3/\text{periode),}$$

$$Q_{ir} = \text{volume kebutuhan air untuk irigasi (m}^3/\text{periode),}$$

Air yang dapat dilepas (*release*) oleh waduk ($R_{(t)}$), akan disimulasi dalam satuan volume (m^3), meliputi :

$$R_{ab} = \text{volume air yang dilepas untuk air baku (m}^3/\text{periode),}$$

$$R_{ir} = \text{volume air yang dilepas untuk irigasi (m}^3/\text{periode),}$$

Berikut adalah penjelasan simulasi yang akan digunakan dalam penelitian ini.

1) Air Baku untuk PDAM (Q_{ab})

Dalam model ini air untuk kebutuhan air baku PDAM menjadi prioritas utama, yaitu dengan ketentuan harus dapat dipenuhi dalam segala kondisi, baik pada saat muka air waduk berada di bawah batas *dead storage* maupun pada saat berada di atas (melampaui) batas *dead storage*. Uraian di atas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Jika } S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} < 5.5 \text{ juta m}^3; \text{ maka } R_{ab} \leq Q_{ab} \quad (11)$$

$$\text{Jika } S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} > 5.5 \text{ juta m}^3; \text{ maka } R_{ab} \leq Q_{ab} \quad (12)$$

2) Air Irigasi (Q_{ir})

Pelepasan air untuk kebutuhan air irigasi mengikuti ketentuan standar operasi, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Jika } S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} < 5.5 \text{ m}^3; \text{ maka } R_{ir} = 0 \quad (13)$$

Jika $S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} - 5.5 - Q_{ab} < Q_{ir}$ maka terdapat 2 (dua) kemungkinan, yaitu:

$$\text{Jika } S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} - 5.5 - Q_{ab} < Q_{ir} \text{ maka } R_{ir} \leq S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} - 5.5 - Q_{ab} \quad (14)$$

$$\text{Jika } S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} - 5.5 - Q_{ab} > Q_{ir} \text{ maka } R_{ir} \leq Q_{ir} \quad (15)$$

3) Alokasi Air

Adapun persamaan yang dapat dipergunakan untuk menganalisa alokasi air adalah sebagai berikut :

$$N_b = \sum_{i=1}^n P_i \cdot X_i \quad (16)$$

dengan :

$$N_b = \text{net benefit (Rp)},$$

$$P_i = \text{manfaat bagi pengguna air (Rp/m}^3\text{)},$$

$$X_i = \text{alokasi air waduk bagi pengguna (m}^3\text{)},$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

kendala yang digunakan antara lain :

$$\text{i) } R_{(ir)} \leq S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} - R_{(ab)} - S_m \quad (17)$$

$$\text{ii) } R_{(ab)} \leq S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} - R_{(ir)} - S_m \quad (18)$$

$$\text{iii) } S_{(t+1)} \leq S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} - R_{(ir)} - R_{(ab)} \quad (19)$$

$$\text{iv) } K_w \geq S_{(t)} + I_{(t)} - E_{(t)} - R_{(ir)} - R_{(ab)} \quad (20)$$

$$\text{v) } R_{(ir)} \leq Q_{ir} \quad (21)$$

$$\text{vi) } R_{(ab)} \leq Q_{ab} \quad (22)$$

$$\text{vii) } S_{(t+1)} = S_{(t)} \quad (23)$$

B. Analisa Manfaat Air bagi Pengguna (benefit)

Penentuan harga satuan minimum air didasarkan pada pendapatan yang diterima sama dengan biaya

yang dikeluarkan untuk operasional dan pemeliharaan.

C. Analisa Biaya Tahunan Waduk

Biaya tahunan waduk terdiri dari biaya operasional tahunan dan biaya pemeliharaan, termasuk di dalamnya biaya pemeliharaan jaringan irigasi waduk.

D. Analisa Kemandirian Ekonomi Waduk

Analisa kemandirian ekonomi waduk dilakukan dengan cara menganalisa biaya operasional dan biaya pemeliharaan untuk dibandingkan dengan pendapatan yang diperoleh sehingga diketahui harga air yang mampu menutupi biaya pemanfaatan sumber daya air.

Dalam penentuan harga menggunakan Persamaan 24 di bawah ini.

$$\text{harga} = \frac{\text{biaya}}{\text{alokasi}} \quad (24)$$

dengan :

biaya = segala sesuatu yang digunakan untuk pengelolaan dan pemeliharaan bangunan sumber daya air sehingga berdaya manfaat,

alokasi = jumlah air yang diberikan kepada pihak penerima manfaat,

harga = imbal balik yang dibayar para pengguna sumber daya air untuk menjaga keberlanjutan pengelolaan dan pemeliharaan bangunan sumber daya air.

IV. ANALISIS

A. Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air baku didasarkan pada pertumbuhan jumlah penduduk administratif Kabupaten Kebumen sebesar 2 % pertahun. Jumlah penduduk pada tahun 2010 adalah 760.469 jiwa dan tingkat pelayanan PDAM sebesar 14,83% atau 112.778 jiwa [10]. Rencana kenaikan tingkat pelayanan adalah 1 % pertahun sehingga pada tahun 2025 tingkat pelayanan dapat mencapai 29,83 % dengan penduduk terlayani sebanyak 305.307 jiwa dari 1.023.491 jiwa yang diperoleh dari hasil analisa perhitungan menggunakan Persamaan 3. Sedangkan ketersediaan air di Waduk Sempor masih mencukupi kebutuhan air di Kabupaten Kebumen pada tahun 2025 dengan potensi ketersediaan air waduk yaitu ± 90 MCM pertahun. Dengan kebutuhan air rata-rata

70 MCM pertahun untuk irigasi dan 13 MCM pertahun untuk air baku.

B. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Air Waduk Sempor dimanfaatkan untuk irigasi dan air baku, sedangkan air irigasi juga dimanfaatkan untuk memutar turbin PLTA. Selama ini air untuk irigasi masih bersifat sosial, namun dalam studi ini dilakukan analisis harga air yang dimanfaatkan berdasarkan jumlah air yang tersedia serta kebutuhan akan air tersebut. Penentuan harga air didasarkan pada BEP (*Break Event Point*) atau titik impas, dimana pendapatan yang diterima sama dengan biaya yang dikeluarkan.

Biaya operasional dan pemeliharaan waduk terdiri dari biaya operasi tahunan, biaya pemeliharaan saluran irigasi primer dan sekunder tahunan, dan biaya pemeliharaan lima tahunan yang merupakan biaya pemeliharaan bangunan air pada sungai serta biaya konservasi lahan DAS.

Ketiga biaya di atas dapat dijelaskan seperti terlihat pada Gambar-2. Komponen-komponen dari Gambar-2 terdiri dari pendapatan dari penjualan air waduk, pengeluaran operasional dan pemeliharaan tahunan dan 5 tahunan, dan biaya pemeliharaan dan perbaikan saluran irigasi primer dan sekunder pertahun.

C. Analisis Kemandirian Ekonomi Waduk

Analisis kemandirian ekonomi waduk dilakukan dengan memasukkan seluruh biaya, yaitu biaya operasi dan pemeliharaan untuk dibandingkan dengan nilai manfaat air kemudian dikalikan dengan

dimasukkan adalah segala biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi padi seperti bibit, pupuk, dan tenaga kerja.

Contoh lengkap hasil perhitungan disajikan pada Tabel-1. Berikut adalah contoh perhitungan harga setengah bulanan pada Tabel-1.

Alokasi irigasi = 5.126.000 m³

Alokasi air baku = 340.000 m³

Alokasi biaya ditanggung air irigasi = biaya operasional pemeliharaan per setengah bulanan (Rp) x *net benefit* air irigasi (%) = (214.188.866/100) x 48,397 = Rp 103.661.036

Alokasi biaya ditanggung air baku = biaya operasional pemeliharaan setengah bulanan (Rp) x *net benefit* air baku (%) = (214.188.866/100) x 3,206 = Rp 6.866.795

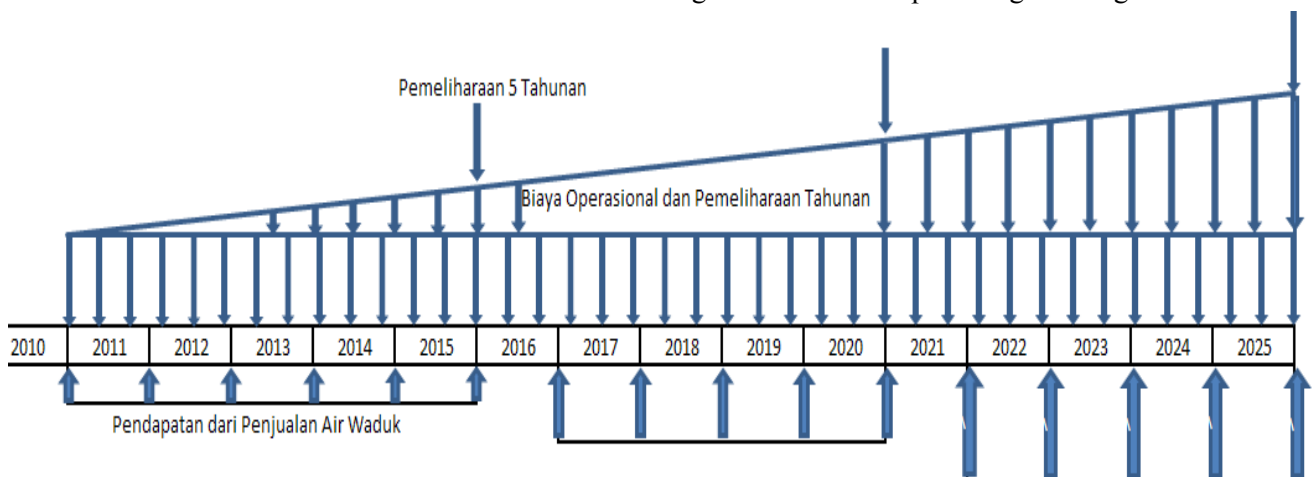
Harga = (biaya yang ditanggung / manfaat yang diperoleh) x alokasi yang diterima.

Harga air irigasi = Rp 103.661.036 / 5.126.000 m³ = 20,22 Rp/m³

Harga air baku = Rp 6.866.795 / 340.000 m³ = 20,22 Rp/m³

Adapun tabel harga yang dikenakan kepada pihak pengguna air bervariasi menurut suku bunga yang berbeda-beda yaitu 10%, 15%, dan 20%, dimana suku bunga 10% adalah suku bunga di bawah suku bunga yang berlaku, bunga 15% adalah suku bunga yang berlaku di pasar dan suku bunga 20% adalah suku bunga di atas suku bunga yang berlaku di pasar, dan disajikan pada Tabel-2, Tabel-3 dan Tabel-4.

Nilai biaya operasional dan pemeliharaan yang digunakan dalam perhitungan harga air dalam



Gambar-2. Sketsa biaya-biaya Waduk

alokasi air yang diterima, sehingga diperoleh harga air. Untuk menentukan harga air irigasi diperlukan nilai keuntungan bersih setelah dikurangi biaya produksi per meter persegi. Biaya produksi yang

penentuan ini berasal dari data biaya operasional dan pemeliharaan Waduk Sempor serta jaringan irigasi tahun 2011 yaitu sebesar Rp 4.560.817.100 [12].

Data tahun 2011 dipilih karena paling sesuai dengan ketersediaan data penunjang dalam penelitian ini.

Biaya operasional pemeliharaan yang diusulkan dalam penelitian ini berdasarkan hasil laporan identifikasi dan inventarisasi Bendungan Sempor dan bangunan pelengkap tahun 2009 [1]. Kemudian dijabarkan dalam bentuk usulan anggaran yang mengacu pada usulan anggaran tahun-tahun sebelumnya, sehingga diperoleh usulan biaya operasional dan pemeliharaan tahun 2017 sebesar Rp 6.069.902.173 dan biaya pemeliharaan lima tahunan sebesar Rp 1.277.636.311 yang diperhitungkan pada bunga 15% pertahun.

Kenaikan biaya operasional dan pemeliharaan yang diasumsikan dalam penelitian ini adalah 10 % pertahun berdasarkan acuan perencanaan awal waduk sempor [11] sehingga biaya operasional dan pemeliharaan akan meningkat secara bertahap setiap tahun sebesar 10 %, namun untuk mempermudah dalam penerapannya harga ditetapkan menurut waktu pertahun maupun perlima tahunan.

Tabel-2 sampai dengan Tabel-4, merupakan penjabaran biaya operasional dan pemeliharaan pertahun menurut data yang ada dan perkiraan kenaikan tiap tahun serta tiap lima tahunan. Dalam penelitian ini harga air yang diperhitungkan

mencakup harga air per setengah bulanan, pertahun maupun perlima tahunan berdasarkan komoditi yang dikembangkan di lokasi penelitian, yaitu padi-padi-palawija dengan palawija berupa kacang tanah dan kacang kedelai.

Harga hanya memperhitungkan pendapatan yang diperuntukkan untuk menutup biaya operasional dan pemeliharaan, sehingga tetap berpegang pada fungsibangunan milik negara yang berguna untuk melayan masyarakat tanpa mencari keuntungan namun dapat mandiri dengan adanya pendapatan dari penjualan air untuk menutup biaya operasional dan pemeliharaan Waduk Sempor.

Biaya operasional dan pemeliharaan dibagi untuk masing-masing jenis komoditas berdasarkan alokasi air yang diberikan. Biaya ini diperoleh dengan cara biaya operasional total dibagi alokasi untuk masing-masing komoditas, diasumsikan jumlah alokasi air PLTA yang diterima samadengan alokasi untuk air irigasi. Hal ini dikarenakan lokasi pengambilan air irigasi juga digunakan sebagai tempat pengambilan energi air untuk pemutar turbin PLTA, dan dibebani biaya operasional dan pemeliharaan yang samadengan air untuk irigasi. Oleh karena itu diasumsikan jumlah alokasi air yang sama untuk keduanya.

Tabel-1. Tabel Harga Air Setengah Bulanan (Rp/m³)

Jadwal Alokasi Air	Kebutuhan Air (MCM)		Kebutuhan Air Dipenuhi (MCM)		Harga Air (Rp/m ³)								
					Irigasi		Air Baku		Air PLTA				
t	hari	Irigasi	Air Baku	Air PLTA	Irigasi	Air Baku	Air PLTA	Setengah Bulanan	Tahunan	Setengah Bulanan	Tahunan	Setengah Bulanan	Tahunan
1	15	5,13	0,34	5,13	5,13	0,34	5,13	20,22		20,22		20,22	
2	16	5,47	0,36	5,47	5,47	0,36	5,47	20,22		20,22		20,22	
3	14	3,27	0,32	3,27	3,27	0,32	3,27	29,12		29,12		29,12	
4	14	3,27	0,32	3,27	3,27	0,32	3,27	29,12		29,12		29,12	
5	15	4,21	0,34	4,21	4,21	0,34	4,21	24,46		24,46		24,46	
6	16	4,49	0,36	4,49	4,49	0,36	4,49	24,46		24,46		24,46	
7	15	4,89	0,34	4,89	5,00	0,34	5,00	20,73		20,73		20,73	
8	15	4,89	0,34	4,89	4,89	0,34	4,89	21,16		21,16		21,16	
9	15	4,44	0,34	4,44	4,44	0,34	4,44	23,23		23,23		23,23	
10	16	4,74	0,36	4,74	4,74	0,36	4,74	23,23		23,23		23,23	
11	15	3,82	0,34	3,82	3,82	0,34	3,82	26,84		26,84		26,84	
12	15	3,82	0,34	3,82	3,82	0,34	3,82	26,84		26,84		26,84	
13	15	1,62	0,34	1,62	1,62	0,34	1,62	59,71	110,71	59,71	110,71	59,71	110,71
14	16	1,73	0,36	1,73	1,73	0,36	1,73	59,71		59,71		59,71	
15	15	0,13	0,34	0,13	0,13	0,34	0,13	357,63		357,63		357,63	
16	16	0,14	0,36	0,14	0,14	0,36	0,14	357,63		357,63		357,63	
17	15	0,13	0,34	0,13	0,13	0,34	0,13	352,54		352,54		352,54	
18	15	0,13	0,34	0,13	0,13	0,34	0,13	352,54		352,54		352,54	
19	15	0,13	0,34	0,13	0,13	0,34	0,13	357,63		357,63		357,63	
20	16	0,14	0,36	0,14	0,14	0,36	0,14	357,63		357,63		357,63	
21	15	2,68	0,34	2,68	2,68	0,34	2,68	37,55		37,55		37,55	
22	15	2,68	0,34	2,68	2,68	0,34	2,68	37,55		37,55		37,55	
23	15	5,23	0,34	5,23	5,23	0,34	5,23	19,83		19,83		19,83	
24	16	5,58	0,36	5,58	5,57	2,02	5,57	17,34		17,34		17,34	

Tabel-2. Tabel Harga Air pada $i = 10\%$ (Rp/m³)

Tahun	PV Perkiraan Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tahunan Menurut Data (Rp)	PV Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tahunan Usulan (Rp)	PV Biaya Pemeliharaan 5 Tahunan Usulan (Rp)	Harga Tahunan (Rp/m ³)			Harga Rata-rata 5 tahunan (Rp/m ³)		
				Irigasi	Air Baku	PLTA	Irigasi	Air Baku	Air PLTA
2011	Rp 4.560.817.100	Rp3.794.030.700	Rp1.408.620.031	92,76	92,76	92,76	79,81	79,81	79,81
2012	Rp 5.016.397.120	Rp4.173.016.427		96,61	96,61	96,61			
2013	Rp 5.472.674.033	Rp4.552.581.881		65,13	65,13	65,13			
2014	Rp 5.928.945.428	Rp4.932.142.745		70,60	70,60	70,60			
2015	Rp 6.384.582.048	Rp5.311.175.555		73,92	73,92	73,92			
2016	Rp 6.843.072.097	Rp5.692.582.063	Rp1.905.893.632	78,41	78,41	78,41	83,44	83,44	83,44
2017	Rp 7.299.452.769	Rp6.072.233.832		81,84	81,84	81,84			
2018	Rp 7.755.147.539	Rp6.451.315.016		81,37	81,37	81,37			
2019	Rp 8.210.915.647	Rp6.830.457.209		89,06	89,06	89,06			
2020	Rp 8.665.793.393	Rp7.208.858.731		86,53	86,53	86,53			
2021	Rp 9.121.515.619	Rp7.587.962.755	Rp2.604.916.063	101,74	101,74	101,74	99,45	99,45	99,45
2022	Rp 9.577.490.834	Rp7.967.277.235		97,08	97,08	97,08			
2023	Rp10.031.457.739	Rp8.344.921.050		97,06	97,06	97,06			
2024	Rp10.490.345.081	Rp8.726.658.056		96,33	96,33	96,33			
2025	Rp10.943.225.645	Rp9.103.398.172		105,04	105,04	105,04			

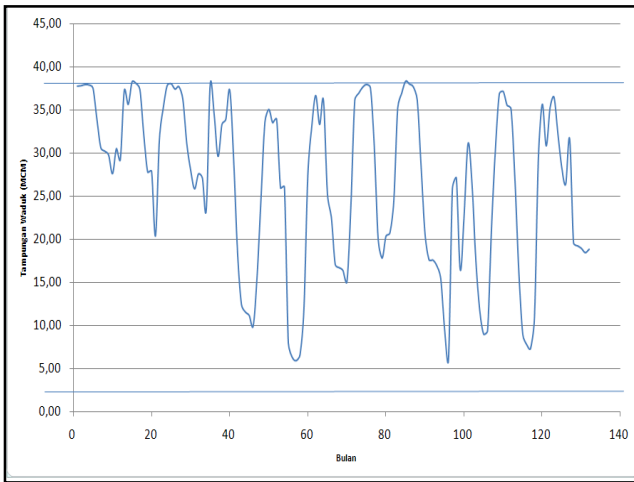
Tabel-3. Tabel Harga Air pada $i = 15\%$ (Rp/m³)

Tahun	PV Perkiraan Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tahunan Menurut Data (Rp)	PV Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tahunan Usulan (Rp)	PV Biaya Pemeliharaan 5 Tahunan Usulan (Rp)	Harga Tahunan (Rp/m ³)			Harga Usulan 5 Tahunan (Rp/m ³)		
				Irigasi	Air Baku	Air PLTA	Air Irigasi	Air Baku	Air PLTA
2011	Rp 4.560.817.100	Rp3.794.030.700	Rp1.179.281.016	92,76	92,76	92,76	79,43	79,43	79,43
2012	Rp 5.017.099.486	Rp4.173.600.707		110,71	110,71	110,71			
2013	Rp 5.470.595.395	Rp4.550.852.714		85,60	85,60	85,60			
2014	Rp 5.929.403.151	Rp4.932.523.514		106,60	106,60	106,60			
2015	Rp 6.385.643.259	Rp5.312.058.350		128,24	128,24	128,24			
2016	Rp 6.840.330.818	Rp5.690.301.661	Rp1.277.636.311	154,83	154,83	154,83	81,96	81,96	81,96
2017	Rp 7.296.649.873	Rp6.069.902.173		185,83	185,83	185,83			
2018	Rp 7.752.567.211	Rp6.449.168.506		212,55	212,55	212,55			
2019	Rp 8.209.364.878	Rp6.829.167.163		267,67	267,67	267,67			
2020	Rp 8.667.003.104	Rp7.209.865.059		299,36	299,36	299,36			
2021	Rp 9.123.195.824	Rp7.589.360.476	Rp1.397.928.749	398,17	398,17	398,17	96,57	96,57	96,57
2022	Rp 9.574.984.346	Rp7.965.192.149		437,63	437,63	437,63			
2023	Rp10.032.944.748	Rp8.346.158.056		504,32	504,32	504,32			
2024	Rp10.483.323.156	Rp8.725.070.748		576,65	576,65	576,65			
2025	Rp10.944.196.552	Rp9.104.205.845		724,79	724,79	724,79			

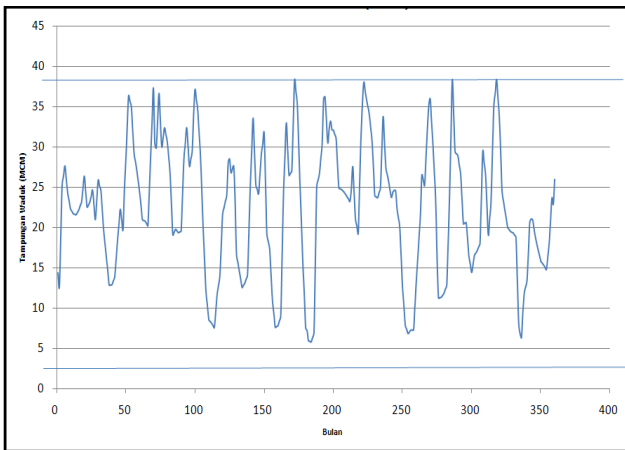
Tabel-4. Tabel Harga Air pada $i = 20\%$ (Rp/m³)

Tahun	PV Perkiraan Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tahunan Menurut Data (Rp)	PV Biaya Operasional dan Pemeliharaan Tahunan Usulan (Rp)	PV Biaya Pemeliharaan 5 Tahunan Usulan (Rp)	Harga Tahunan (Rp/m ³)			Harga Rata-rata 5 tahunan (Rp/m ³)		
				Irigasi	Air Baku	Air PLTA	Irigasi	Air Baku	Air PLTA
2011	Rp 4.560.817.100	Rp 3.794.030.700	Rp1.179.281.016	92,76	92,76	92,76	85,70	85,70	85,70
2012	Rp 5.235.234.247	Rp 4.355.061.608		100,12	100,12	100,12			
2013	Rp 5.958.893.623	Rp 4.957.055.906		70,13	70,13	70,13			
2014	Rp 6.736.363.344	Rp 5.603.813.696		79,13	79,13	79,13			
2015	Rp 7.572.226.483	Rp 6.299.147.524		86,38	86,38	86,38			
2016	Rp 8.462.825.995	Rp 7.040.015.183	Rp1.277.636.311	93,91	93,91	93,91	109,49	109,49	109,49
2017	Rp 9.419.713.152	Rp 7.836.025.892		102,30	102,30	102,30			
2018	Rp10.442.649.744	Rp 8.686.981.487		106,24	106,24	106,24			
2019	Rp11.539.806.792	Rp 9.599.679.241		121,53	121,53	121,53			
2020	Rp12.712.261.517	Rp10.575.015.266		123,47	123,47	123,47			
2021	Rp13.962.142.497	Rp11.614.760.274	Rp1.397.928.749	147,47	147,47	147,47	158,61	158,61	158,61
2022	Rp15.292.806.039	Rp12.721.706.292		147,36	147,36	147,36			
2023	Rp16.720.324.369	Rp13.909.223.407		154,42	154,42	154,42			
2024	Rp18.237.573.081	Rp15.171.385.004		160,48	160,48	160,48			
2025	Rp19.857.622.884	Rp16.519.064.281		183,34	183,34	183,34			

D. Optimasi Pengalokasian Air



Gambar-2. Grafik Tampungan Waduk Existing.



Gambar-3. Grafik Tampungan Waduk Hasil Simulasi.

Gambar-2 dan Gambar-3 menerangkan tampungan waduk tahun 1999 sampai dengan 2009 dan bangkitan data untuk kurun waktu perhitungan dari tahun 2010 hingga 2025. Data diperoleh dari hasil bangkitan data tampungan waduk tahun-tahun yang telah lalu serta *outflow* yang diperoleh dari hasil optimasi yang dilakukan dengan menggunakan *solver*.

Gambar-2 merupakan visualisasi data real yang diperoleh, menjadi grafik tampungan waduk dengan kurun waktu pelayanan dari tahun 1999 hingga 2009. [13]. Sedangkan Gambar-3 menerangkan tampungan waduk dengan kurun waktu pelayanan dari tahun 2010 hingga 2025 yang diperoleh dari hasil bangkitan data tampungan waduk tahun-tahun yang telah lalu serta *outflow* yang diperoleh dari hasil optimasi yang dilakukan dengan menggunakan *solver*. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa optimasi yang dilakukan terhadap pemenuhan kebutuhan air tidak mengalami kegagalan lebih dari dua kali berturut-turut.

Tabel-5 menjelaskan biaya-biaya operasional dan pemeliharaan, harga *break event point* tahunan serta harga usulan untuk setiap lima tahunan. Nilai manfaat air merupakan dasar yang dapat dipergunakan sebagai pertimbangan dalam penetapan harga yang akan diterapkan di lapangan. Karena nilai manfaat air menggambarkan keuntungan yang diperoleh pihak pengguna air maka diharapkan harga yang akan diterapkan tidak melebihi nilai manfaat air yang ada di pihak pengguna air.

Tabel-5. Harga Air Usulan

Tahun	Biaya Operasional dan Pemeliharaan			Harga Break Event Point (Rp/m ³)			Nilai Manfaat Air (Rp/m ³)			Harga Usulan 5 Tahunan (Rp/m ³)		
	Air Irigasi	Air Baku	Air PLTA	Air Irigasi	Air Baku	Air PLTA	Air Irigasi	Air Baku	Air PLTA	Air Irigasi	Air Baku	Air PLTA
2016	Rp2.591.078.772	Rp 955.024.718	Rp2.591.078.772	76,98	76,98	76,98	1.170,93	696,81	(201,54)			
2017	Rp2.697.627.336	Rp1.063.196.342	Rp2.697.627.336	80,33	80,33	80,33	1.005,27	670,94	(186,19)			
2018	Rp2.838.299.127	Rp1.110.427.086	Rp2.838.299.127	79,90	79,90	79,90	862,98	640,46	(171,42)	81,96	81,96	81,96
2019	Rp2.908.168.869	Rp1.306.645.331	Rp2.908.168.869	87,50	87,50	87,50	740,79	606,91	(157,36)			
2020	Rp3.055.548.225	Rp1.354.295.872	Rp3.055.548.225	85,11	85,11	85,11	635,83	571,49	(144,05)			
2021	Rp3.213.820.035	Rp1.650.847.069	Rp3.213.820.035	98,43	98,43	98,43	545,53	535,05	(131,52)			
2022	Rp3.358.160.153	Rp1.674.087.537	Rp3.358.160.153	94,05	94,05	94,05	467,87	498,42	(119,78)			
2023	Rp3.470.760.666	Rp1.774.449.723	Rp3.470.760.666	94,26	94,26	94,26	401,37	462,51	(108,91)	96,57	96,57	96,57
2024	Rp3.488.788.829	Rp2.069.026.596	Rp3.488.788.829	93,71	93,71	93,71	344,15	441,97	(98,81)			
2025	Rp3.507.466.115	Rp2.368.859.365	Rp3.507.466.115	102,41	102,41	102,41	295,07	406,19	(89,50)			

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Harga yang ditetapkan berfluktuasi menyesuaikan alokasi yang diberikan kepada pengguna air untuk mendapatkan keseimbangan antara biaya operasional dan pemeliharaan waduk dengan pendapatan yang diperoleh dari pengusaha air waduk. Harga yang ditetapkan setiap lima tahunan untuk irigasi, air baku, dan PLTA permeter kubiknya pada bunga 15% pada 5 tahun 2016-2020 adalah Rp.81,96 permeter kubiknya, dan Rp.96,57 untuk lima tahun berikutnya. Sehingga penerapan harga hasil optimasi dari penelitian ini diharapkan dapat membiayai biaya operasional dan pemeliharaan Waduk Sempor.
2. Hasil dari perhitungan nilai manfaat air, pada sisi pemanfaatan air PLTA dinyatakan mengalami rugi, karena harga jual air listrik lebih rendah dibandingkan biaya pokok produksi listrik. Harga rata-rata listrik pada tahun 2009 adalah Rp 665/kWh, dan direncanakan akan meningkat sebesar 10% per Juli 2010 menjadi rata-rata Rp 703/kWh pada tahun 2010.
3. Waduk Sempor dapat dikatakan tidak mempunyai kemandirian ekonomi, karena pendapatan yang diterima waduk sebesar Rp. 4.560.817.100 pada 2011 merupakan subsidi dari pemerintah. Dana subsidi pemerintah sudah mencukupi akan tetapi biaya operasional pemeliharaan tidak semua bersifat rutin, Penganggaran bersifat kondisional bila telah terjadi kerusakan sehingga diperlukan adanya perubahan pola penganggaran secara rutin tahunan maupun lima tahunan dan bukan secara kondisional dengan usulan biaya operasional tahunan sebesar Rp 6.069.902.173 pada tahun 2017 dan biaya lima tahunan sebesar Rp1.277.636.311 terhitung pada tahun 2017 dengan bunga 15%. Usulan anggaran tersebut mengacu pada hasil laporan identifikasi dan inventarisasi Bendungan Sempor dan bangunan pelengkapannya tahun 2009 sebagai data terbaru yang diperoleh pada saat penelitian ini dilakukan.

B. Saran

Diperlukan analisis lebih mendalam pada analisis ketersediaan air waduk mengenai prediksi ketersediaan air pada masa yang akan datang. Hal tersebut sangat penting karena mendukung keakuratan penentuan harga air yang ditetapkan.

1. Masih diperlukan subsidi untuk air PLTA dalam rangka membayar biaya operasional dan pemeliharaan Waduk Sempor.
2. Penetapan harga air untuk PLTA sebaiknya disesuaikan sehingga dapat mengurangi beban subsidi operasional dan pemeliharaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balai Besar Serayu Opak. Laporan Identifikasi dan Inventarisasi Bendungan Sempor dan Wadaslintang dan Bangunan Pelengkapannya. Yogyakarta: Balai Besar Serayu Opak. 2009.
- [2] Poernomo, I. *Studi Model Operasi Pengaturan Air Waduk Sermo dengan Pendekatan Nilai Ekonomi Air*. Tesis S2. Yogyakarta: Magister Pengelolaan Sumberdaya Air, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. 2001.
- [3] Chandra, S.Y. *Optimasi Pengelolaan Waduk Sangiran dari Sisi Ekonomi*. Tesis S2. Yogyakarta: Magister Pengelolaan Sumberdaya Air, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. 2001.
- [4] Yulistiyanto, B. dan Kironoto, BA. Analisa Pendayagunaan Sumberdaya Air Pada WS Paguyaman dengan RIBASIM. *Media Teknik*. 2008; 2.
- [5] Dorenboos, A.H. and Kassam. Yield Response to Water. *FAO Drainage and Irrigation*. Rome. 1979; Paper No. 33.
- [6] Gardner, B.R, B.L. Blad, R.E. Maurer, and D.G. Watt. Relationship Between Crop Temperature and Physiological and Fenological Development of Differentially Irrigated Corn. *Agronomy Journal*. 1981; 73: 743-747.
- [7] Jayadi, R. *Simulasi Pengembangan Sumberdaya Air*. Modul Kuliah. Yogyakarta: Magister Pengelolaan Sumberdaya Air, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM. 2008.
- [8] Jayadi, R.. *Teknik Optimasi untuk Pengelolaan Sumberdaya Air*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil UGM. 2000.
- [9] Perusahaan Listrik Negara. *RUPTL PLN 2010*. Laporan Rutin Tahunan. Jakarta. 2010.
- [10] PDAM Kebumen. *Laporan Perincian Biaya*. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Kebumen. 2010.
- [11] Nippon Koei Co.Ltd. *Sempor Dam and Irrigation Project*. Dam Section, Ministry of Public Works and Electric Power Directorate General of Water Resources Development. Jakarta. 1978.
- [12] Balai Besar Serayu Opak. *Kertas Kerja Rencana Kerja Anggaran – Kementrian Lembaga 2011*. Balai Besar Serayu Opak. Yogyakarta. 2011.
- [13] Balai Besar Serayu Opak. *Kertas Kerja Rencana Kerja Anggaran – Kementrian Lembaga 2010*. Yogyakarta. 2010.