

ANALISIS OPERASI WADUK SERMO DENGAN SOLVER

Sefti Indri A^{1*}, Gurawan Djati Wibowo², Hermono S Budinetro³, Purwanti Sri Pudyastuti⁴

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Surakarta Kode Pos 57102

*Email: d100180203@student.ums.ac.id

Abstrak

Waduk berfungsi menampung air selama debit berlebih pada musim hujan, agar dapat dimanfaatkan saat debit air rendah pada musim kemarau. Waduk Sermo adalah waduk serbaguna di Dusun Sermo, Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, DIY. Seiring perubahan lahan dan pola hujan di catchment area Waduk Sermo yang diakibatkan oleh climate change, perlu dilakukan studi optimasi menggunakan data inflow terbaru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas daerah irigasi yang mampu disuplai Waduk Sermo dan outflow hasil optimasi solver. Solver adalah salah satu add-in untuk menyelesaikan masalah yang terdapat pada Microsoft Excel. Dalam menganalisis operasi Waduk Sermo perlu dilakukan analisis inflow waduk dengan metode weibul (Q80%), analisis kebutuhan air irigasi menggunakan Metode FAO (KP-01) dengan evapotranspirasi tanaman menggunakan software CROPWAT 8.0, analisis imbalan air dihitung dengan mempertimbangkan faktor k global $\geq 80\%$, dan analisis optimasi waduk dengan solver. Diketahui kapasitas maksimum waduk 21.156.018,621 m³ dengan luas 1.487.629,352 m² pada elevasi +136,6 m dan dead storage 1.360.000 m². Diasumsikan efisiensi total irigasi sebesar 0,7. Dengan imbalan air 80%, diperoleh luas daerah irigasi yang bisa dilayani penuh oleh Waduk Sermo adalah 1.597,79 ha dengan faktor k global 1,00. Simulasi juga dilakukan dengan luasan irigasi sebesar 1.600 ha dan 1.700 ha. Melalui optimasi ini outflow waduk meningkat, korelasi antara outflow historis dan outflow hasil optimasi dengan luas daerah layan 1.597,79 ha sebesar 0,17182. Dikarenakan air di lapangan lebih banyak disimpan, sedangkan outflow melalui optimasi dengan solver lebih besar, dikarenakan air di Waduk Sermo lebih banyak digunakan untuk suplesi.

Kata kunci: faktor k , inflow, operasi, optimasi, outflow, solver, waduk.

Abstract

The reservoir's purpose is to store water during the rainy season so that it can be used when the water discharge is low during the dry season. Sermo Reservoir is a multipurpose reservoir located in Dusun Sermo, Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, DIY. Because climate change is causing land changes and rainfall patterns in the Sermo Reservoir catchment area, an optimization study using the most recent inflow data is required. The purpose of this research is to determine the area of irrigation areas that can be supplied by the Sermo Reservoir, as well as the outflow from the solver optimization results. Solver is one of the Microsoft Excel add-ins for problem solving. In order to analyze the operation of Sermo Reservoir, reservoir inflow analysis using the weibul method (Q80%), irrigation water needs analysis using the FAO method (KP-01) with plant evapotranspiration using CROPWAT 8.0 software, water balance analysis using the global k factor 80%, and reservoir optimization analysis with solver are required. The reservoir's maximum capacity is known to be 21.156.018,621 m³ with an area of 1.487.629,352 m² at an elevation of +136.6 m and dead storage of 1.360.000 m². The total efficiency of irrigation is assumed to be 0.7 With a water balance of 80%, the total area of irrigation that the Sermo Reservoir can fully serve is 1.597,79 ha and a global k factor of 1,00. There were also simulations with irrigation areas of 1.600 and 1.700 ha. The reservoir's outflow increases as a result of this optimization, the correlation between historical outflow and optimization results with a service area of 1.597,79 ha is 0,17182. Because more water in the field is stored, while outflow through optimization with a solver larger because the water in the Sermo Reservoir is mostly used for supplementation.

Keywords: k factor, inflow, operation, optimization, outflow, solver, reservoir.

1. PENDAHULUAN

Waduk merupakan salah satu bangunan air yang berfungsi sebagai fasilitas tampungan air yang dibuat untuk menampung air selama debit air berlebih pada saat musim basah (hujan) agar dapat dimanfaatkan pada saat debit air rendah saat musim kering (kemarau).

Waduk Sermo adalah waduk serba guna (*multi purpose*) yang mulai dibangun pada tahun 1994 – 1996 dengan biaya sebesar Rp 32,4 milyar. Waduk Sermo dibangun untuk meningkatkan penyediaan irigasi, pengendali banjir, usaha perikanan, pariwisata, dan prasarana olahraga air. (Dinas Pekerjaan Umum Dan Kawasan Permukiman Kabupaten Kulon Progo).

Berdasarkan penelitian oleh Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak (BBWSSO) pada 2016, sedimentasi di Waduk Sermo bertambah sekitar 200.000 m³/tahun dan mengalami pendangkalan sebesar 5.000.000 m³, serta mengakibatkan waduk yang seharusnya mampu menampung air 25.000.000 m³ hanya mampu menampung 20.000.000 m³.

Sistem irigasi yang dilayani Waduk Sermo sebesar ± 3.289 ha di daerah Kalibawang. Permasalahan saat ini adalah terjadinya endapan pada Waduk Sermo. Seiring perubahan lahan dan pola hujan di *catchment area* Waduk Sermo yang diakibatkan oleh *climate change*, maka perlu dilakukan studi optimasi dengan menggunakan data *inflow* terbaru.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui neraca air Waduk Sermo berdasarkan *inflow* historis Waduk Sermo selama 12 tahun (2009-2020) dan kebutuhan air *eksisting*, mengetahui luas daerah irigasi yang mampu disuplai dari Waduk Sermo berdasarkan *inflow* keandalan 80%, serta untuk mengetahui *outflow* hasil optimasi *Solver* dan dibandingkan dengan *outflow* historis. Sedangkan manfaat penelitian ini adalah sebagai referensi dalam bidang optimasi sumber daya alam (SDA), serta hasil penelitian dapat dijadikan pertimbangan di dalam operasi Waduk Sermo.

2. METODE

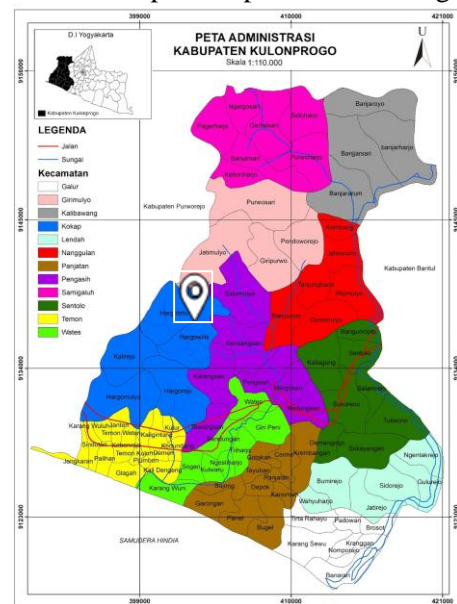
2.1. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini memerlukan data sekunder yang kemudian diolah menjadi data yang siap digunakan untuk analisis. Data tersebut diperoleh dari instansi terkait yaitu Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. Data-data yang didapat berupa :

- 1) Data Operasi Waduk
- 2) Data Karakteristik Waduk
- 3) Peta Stasiun Hujan
- 4) Data Curah Hujan
- 5) Data Klimatologi
- 6) Skema Pelayanan Air
- 7) Data Kebutuhan Air Irigasi

2.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Waduk Sermo, Daerah Istimewa Yogyakarta yang terletak di Dusun Sermo, Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

(Sumber : newstempo)

2.3. Teknik Pengolahan Data

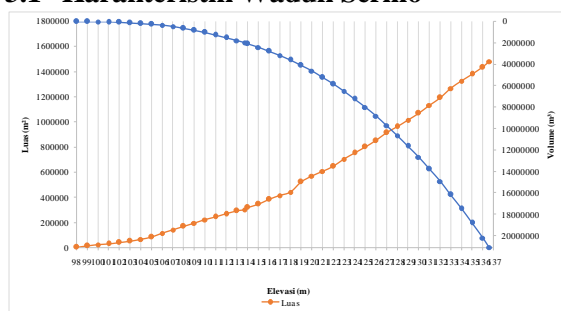
Teknik pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Pengisian data hujan yang hilang dengan metode *Normal Ratio*.
- 2) Perhitungan uji konsistensi data hujan dengan RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*).
- 3) Perhitungan hujan rerata dengan metode aritmatika.
- 4) Analisis *inflow* waduk dengan cara *Weibull* (Q80%).
- 5) Analisis kebutuhan air irigasi dengan metode FAO (KP-01 Perencanaan Jaringan Irigasi)

- 6) Perhitungan evapotranspirasi tanaman dengan *software CROPWAT 8.0*.
- 7) Analisis imbalan air dengan mempertimbangkan faktor $k \geq 80\%$.
- 8) Optimasi Waduk dengan *Solver* dengan *constraints* :
 - a. $Storage \leq$ Kapasitas Maksimum Waduk (21.156.018,621 m³)
 - b. $Storage \geq$ Death Storage (1.360.000 m³)
 - c. $Volume Outflow \leq$ Volume Kebutuhan Air Netto
 - d. $Volume Outflow \geq 0$
 - e. Faktor $k \geq 0,5$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Waduk Sermo



Gambar 2. Grafik Hubungan Elevasi, Volume Tampungan dan Luas Muka Air
(Sumber : Perhitungan)

Untuk analisis simulasi penelusuran *inflow* dan optimasi waduk dilakukan penarikan kurva regresi berdasarkan data elevasi, volume dan luas Waduk Sermo 2014. Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

1. Luas Waduk

$$y = -3,14191x^3 + 1.913,76786x^2 - 279.747,86941x + 11.999.523,60785$$

2. Volume Waduk

$$y = 277,25481x^3 - 78.083,19724x^2 + 7.318.686,39320x - 228.272.086,15420$$

3.2 Pola Tata Tanam

Pola tata tanam yang diterapkan di lapangan saat ini adalah Padi MT 1, Padi MT II, dan Palawija MT III. Dengan luas daerah irigasi Kalibawang seluas 3.289 ha.

November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober
1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.95	0.95
PADI I				PADI II				PALAWIJA			

Gambar 3. Pola Tata Tanam Daerah Irigasi Kalibawang

(Sumber : BBWS Serayu Opak)

3.3 Analisis Hujan

Untuk analisis hujan, penulis menggunakan data sekunder berupa curah hujan dari 3 (tiga) stasiun hujan di dekat Waduk Sermo yaitu : stasiun hujan Borrow Area, Hargorejo, dan Wates. Berdasarkan perhitungan uji konsistensi hujan ketiga stasiun dengan cara RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) didapatkan hasil seperti dibawah ini :

Tabel 1

Hasil Perhitungan Uji Konsistensi Hujan

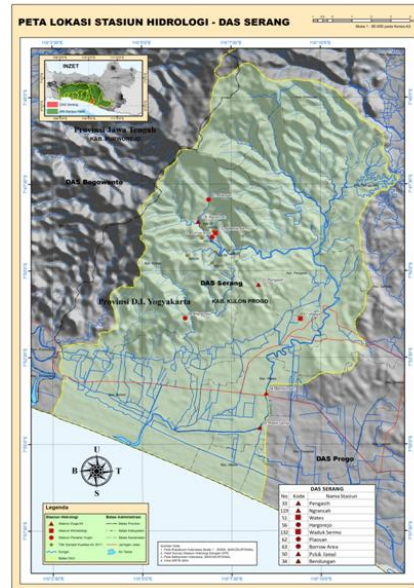
Stasiun	Q _{hitung}	Q _{tabel}	Keterangan	R _{hitung}	R _{tabel}	Keterangan
Borrow Area	2,163	4,005	Konsisten	3,428	4,538	Konsisten
Hargorejo	2,322	4,005	Konsisten	2,741	4,538	Konsisten
Wates	2,340	4,005	Konsisten	3,128	4,538	Konsisten

(Sumber : Perhitungan)

3.3.1. Curah Hujan Rata-rata

Analisis konsistensi data hujan di atas, adalah analisis yang mesti dilakukan sebelum perhitungan analisis curah hujan rerata daerah, dan selanjutnya akan dilakukan analisis curah hujan efektif. Pada dasarnya penentuan metode analisis curah hujan rerata adalah dengan metode *isohyet*, metode *polygon thiessen* dan rerata aritmatik. Tidak diketemukannya peta DI, sehingga analisis hujan rerata dilakukan dengan analisis rerata aritmatik. Data yang digunakan adalah data curah hujan selama 12 tahun dari stasiun hujan yang berada di dekat dan berada di bawah area Waduk Sermo. Peta persebaran stasiun hujan dapat dilihat pada Gambar 4.

Perhitungan curah hujan rerata aritmatik dilakukan dengan menjumlahkan data curah hujan beberapa stasiun dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Lalu data hujan diurutkan dari terbesar ke terkecil, dan dihitung probabilitas 80%. Diperoleh urutan data ke-10 yaitu pada tahun 2018.



Gambar 4. Peta Stasiun Hidrologi DAS Serang
 (Sumber : BBWS Serayu Opak)

Tabel 2
Hasil Perhitungan Hujan Rata-rata

Tahun	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
2009	21.14	19.45	22.08	16.43	18.16	20.49	10.10	15.98	10.23	12.38	8.46	12.74	6.07	3.06	1.86	1.08	8.48	17.25	13.48	13.12	14.14	32.39	16.97	16.60
2010	15.37	15.29	14.76	15.57	12.69	15.80	9.96	7.23	9.01	10.48	4.28	2.40	3.86	1.44	0.83	0.25	2.70	8.80	11.16	13.09	12.46	24.84	16.65	15.15
2011	14.33	14.29	13.73	9.38	11.84	11.59	9.64	6.55	4.86	4.50	3.74	2.09	1.89	1.01	0.57	0.22	1.82	7.17	1.85	9.64	9.80	14.31	16.49	14.94
2012	11.28	12.37	12.30	8.70	10.15	11.10	9.24	6.14	3.04	4.14	2.80	0.34	1.06	0.94	0.23	0.15	0.36	0.72	1.85	8.20	9.50	9.36	13.70	13.00
2013	10.43	12.28	11.89	7.46	10.10	11.00	9.09	6.13	2.04	3.36	2.12	0.30	0.23	0.73	0.22	0.14	0.16	0.46	1.51	3.47	8.36	9.33	12.13	12.94
2014	9.23	10.90	10.82	6.67	8.33	7.69	8.51	5.79	1.88	2.57	1.20	0.10	0.18	0.52	0.11	0.06	0.15	0.22	1.26	2.51	8.08	9.12	9.90	9.78
2015	8.94	9.17	9.20	6.24	7.69	7.03	7.61	4.35	1.20	2.05	0.65	0.04	0.11	0.18	0.05	0.05	0.07	0.02	0.98	2.08	7.18	8.32	8.99	9.51
2016	8.80	8.53	8.71	5.06	6.01	6.51	5.92	3.54	1.06	1.73	0.53	0.02	0.02	0.10	0.03	0.04	0.00	0.00	0.85	1.40	6.20	6.60	8.31	9.35
2017	8.20	7.06	7.13	5.12	5.82	5.89	5.82	2.14	1.06	0.83	0.15	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	1.14	6.14	4.50	6.76	7.07
2018	7.57	6.52	7.10	4.57	5.25	4.88	4.99	1.96	0.83	0.23	0.14	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	4.55	3.24	6.51	6.42
2019	7.42	3.58	6.63	4.48	5.15	4.79	2.31	0.97	0.61	0.05	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63	3.16	4.13	6.00
2020	5.62	2.90	4.95	3.08	4.47	3.40	0.00	0.91	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.88	3.00	0.00
Jumlah	128.33	122.36	129.32	92.75	105.67	110.18	83.18	61.68	35.82	42.32	24.21	18.04	13.42	8.03	3.91	2.02	13.74	34.64	32.94	55.50	89.55	127.05	123.53	120.76
Rata-rata	6.75	6.44	6.81	4.88	5.56	5.80	4.38	3.25	1.89	2.23	1.27	0.95	0.71	0.42	0.21	0.11	0.72	1.82	1.73	2.92	4.71	6.69	6.50	6.36

(Sumber : Perhitungan)

3.4 Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan Eto menggunakan bantuan *software CROPWAT 8.0*. Data klimatologi yang digunakan adalah data dari stasiun klimatologi Wates selama 12 tahun. Berikut ini adalah hasil perhitungan evapotranspirasi tanaman dengan *software CROPWAT 8.0*.

MONTHLY ETO PENMAN-MONTEITH DATA
 (File: C:\Users\DELL\Downloads\TA SEFTI 2\Analisa Sefti\Jurnal & Bahan\ETO NEW.FEM)

Month	Avg Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun %	Rad M7/m ² /day	ETo mm/day
January	27.5	71	32	32	15.9	3.45
February	27.4	72	31	31	15.8	3.40
March	27.6	59	27	43	17.6	3.64
April	27.9	68	26	43	16.3	3.37
May	28.3	65	19	42	14.7	2.99
June	27.4	65	20	35	12.8	2.62
July	26.7	67	22	36	13.3	2.68
August	26.5	72	25	58	18.1	3.50
September	27.2	73	25	50	18.3	3.69
October	27.7	71	29	45	18.2	3.80
November	28.0	73	25	36	16.6	3.57
December	27.4	76	31	30	15.5	3.35
Average	27.5	69	26	40	16.1	3.34

Gambar 5. Hasil Perhitungan Eto dengan CROPWAT 8.0

Untuk menghitung kebutuhan air irigasi diperlukan menghitung kebutuhan air untuk

penyiapan lahan (IR) dan kebutuhan air konsumtif (Etc) terlebih dahulu. Dalam perhitungan NFR peneliti menggunakan pedoman KP-01 Perencanaan Jaringan Irigasi.

Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi dengan total luas 3.289 ha dapat dilihat berdasarkan tabel di bawah ini.

Tabel 3
Kebutuhan Air di Sawah

Bulan		NFR (lt/dt.ha)
November	I	1.18
	II	1.28
Desember	I	1.02
	II	0.30
Januari	I	0.25
	II	0.28
Februari	I	0.27
	II	0.48
Maret	I	0.90
	II	0.91
April	I	0.45
	II	0.47
Mei	I	0.72
	II	0.54

Juni	I	0.71
	II	0.00
Juli	I	0.61
	II	0.19
Agustus	I	0.24
	II	0.39
September	I	0.41
	II	0.42
Oktober	I	0.39
	II	0.00

(Sumber : Perhitungan)

3.5 Analisis *Inflow* Waduk

Analisis ketersediaan air menggunakan data historis harian yang dikelompokkan setiap bulan (November – Oktober) selama 12 tahun, lalu diurutkan dari terbesar ke terkecil dan dihitung probabilitas terlampaui dengan menggunakan *plotting position Weibull* (Q80%).

Karena mendapatkan suplesi dari Bendung Papah dan Bendung Brangkal, maka dalam perhitungan analisis *inflow* mempertimbangkan besarnya limpasan masing-masing bendung. Hasil analisis *inflow* waduk dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4
Hasil Perhitungan Ketersediaan Air

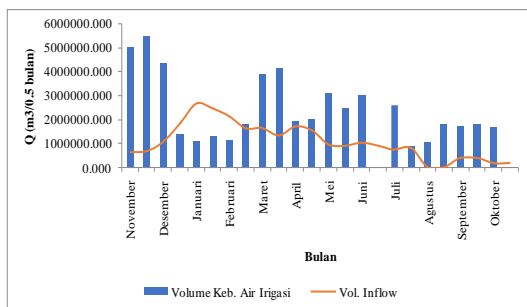
Bulan		Jumlah Hari	Inflow Waduk (m ³ /dt)	Limpasan Brangkal (m ³ /dt)	Limpasan Papah (m ³ /dt)	Vol. Inflow (m ³)
November	I	15	0.490	0.000	0.000	635040.000
	II	15	0.529			685152.000
Desember	I	15	0.620	0.209	0.000	1074383.556
	II	16	1.120			1837209.127
Januari	I	15	1.430	0.639	0.000	2681340.092
	II	16	1.140			2459200.098
Februari	I	15	1.130	0.531	0.000	2153060.317
	II	13	0.930			1641345.608
Maret	I	15	1.270	0.000	0.000	1645920.000
	II	16	0.970			1340928.000
April	I	15	0.650	0.670	0.000	1710660.000
	II	15	0.512			1531812.000
Mei	I	15	0.290	0.457	0.000	968204.363
	II	16	0.200			908335.320
Juni	I	15	0.154	0.627	0.000	1011694.375

	II	15	0.080			915790.375
Juli	I	15	0.020	0.564	0.000	756832.477
	II	16	0.020			807287.975
Agustus	I	15	0.010	0.000	0.000	12960.000
	II	16	0.020			27648.000
September	I	15	0.010	0.281	0.000	377284.488
	II	15	0.010			377284.488
Oktober	I	15	0.010	0.126	0.000	175700.418
	II	16	0.010			187413.779
Jumlah			11.625	4.104	0.000	25922486.853

(Sumber : Perhitungan)

3.6 Analisis Imbangan Air

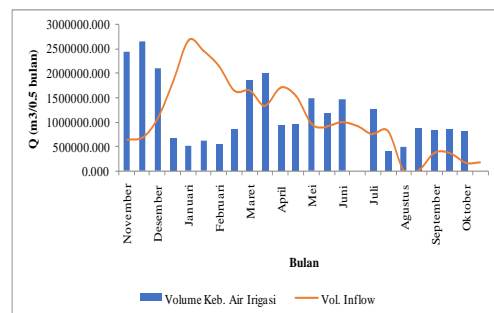
Luas irigasi yang dilayani Waduk Sermo berdasarkan pola tata tanam adalah seluas ± 3.289 ha. Namun setelah dilakukan analisis imbangan air, ketersediaan air (*inflow*) Waduk Sermo ternyata kecil dengan faktor k global sebesar 0,486, sedangkan kebutuhan air terlalu besar dibandingkan dengan jumlah ketersediaan air.



Gambar 6. Grafik Imbangan Air dengan Luas Daerah layan 3.289 Ha

(Sumber : Perhitungan)

Karena tidak semua *inflow* Waduk Sermo digunakan untuk melayani kebutuhan air irigasi seluas ± 3.289 ha tersebut dan tidak mungkin dilakukan optimasi dengan hasil yang sangat timpang,. Maka dengan imbangan air 80% luas daerah irigasi yang bisa dilayani penuh oleh Waduk Sermo adalah 1.597,79 ha dengan besar nilai faktor k global 1,00.



Gambar 7. Grafik Imbangan Air dengan Luas Daerah Layan 1.597,79 Ha

(Sumber : Perhitungan)

3.7 Optimasi Waduk Sermo dengan Metode Solver

Tetapan awal simulasi dimulai pada elevasi muka air sebesar +136,600 m, dengan luas 1.487.629,352 m² dan volume tampungan maksimal sebesar 21.156.018,621 m³. *Solver* pertama kali dibuat pada tahun 1957 oleh Herbert Simon, J. C. Shaw, dan Allen Newell. Kemudian *solver* disesuaikan ke *Microsoft* dan diturunkan ke menu *Microsoft Excel*.

Solver dapat digunakan untuk optimasi *linier* maupun *non linier*, dan untuk penggunaannya perlu diatur fungsi tujuan, fungsi kendala dan parameter-parameter pembatas (*constraints*). *Constraints* yang digunakan agar optimasi dapat maksimal yaitu sebagai berikut :

$$Storage \leq \text{Kapasitas Maksimum Waduk (21.156.018,621 m}^3\text{)}$$

$$Storage \geq \text{Death Storage (1.360.000 m}^3\text{)}$$

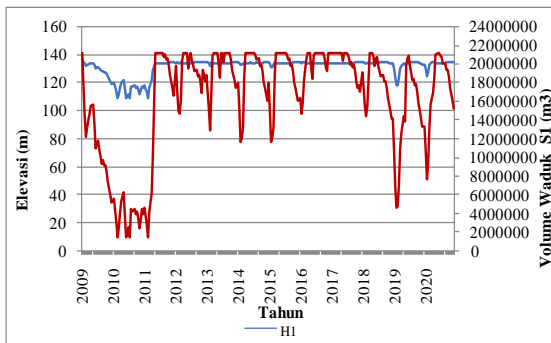
$$\text{Volume Outflow} \leq \text{Volume Netto}$$

$$\text{Volume Outflow} \geq 0$$

$$\text{Faktor k} \geq 0,5$$

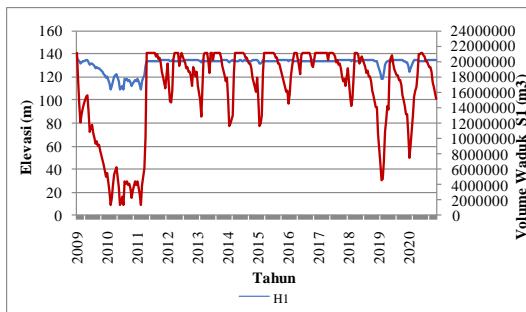
Pada penelitian ini peneliti membandingkan operasi Waduk Sermo saat melayani irigasi seluas 1.597,79 ha, 1.600 ha, dan 1.700 ha. Berdasarkan ketiga luas irigasi tersebut, akan diperoleh hasil optimasi yang berbeda-beda. Berikut adalah hasil dari optimasi dengan metode

solver berupa volume waduk (*storage*) dan elevasi muka air tiap luas irigasi.



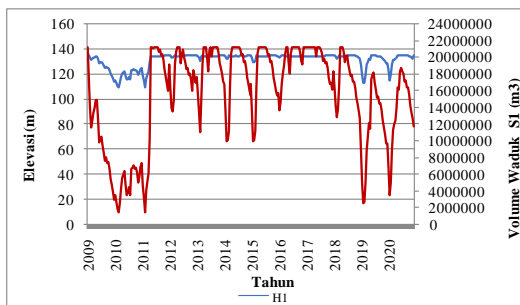
Gambar 8. Grafik Elevasi dan Volume Waduk Sermo Tahun 2009-2020 (Luas 1.597,79 Ha)

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 9. Grafik Elevasi dan Volume Waduk Sermo Tahun 2009-2020 (Luas 1.600 Ha)

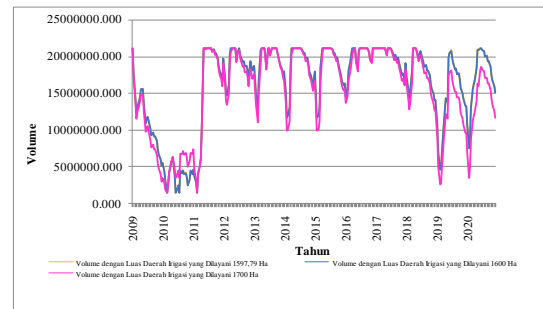
(Sumber : Perhitungan)



Gambar 10. Grafik Elevasi dan Volume Waduk Sermo Tahun 2009-2020 (Luas 1.700 Ha)

(Sumber : Perhitungan)

Dari ketiga grafik di atas, jika grafik volume waduk (*storage*) dibandingkan maka akan terlihat seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Volume Waduk Sermo 12 Tahun dengan Luas 1.597,79 Ha, 1.600 Ha, dan 1.700 Ha

(Sumber : Perhitungan)

Dari fluktuasi *storage* Waduk Sermo di atas, dapat dipahami bahwa semakin luas DI yang dilayani, maka nilai *storage* waduk semakin turun.

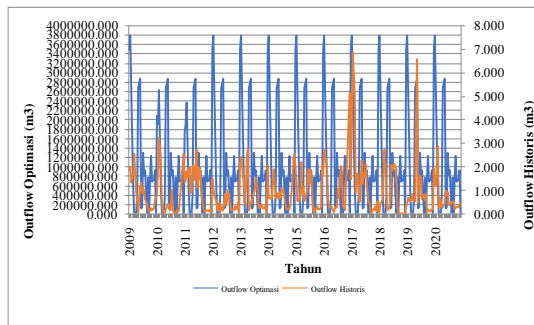
3.8 Faktor K

Supaya ketersediaan air di Waduk Sermo optimal, perlu adanya pola operasi yang baik. Faktor k sangat berpengaruh dalam pengoperasian waduk, untuk menjaga supaya ketersediaan air tetap terjaga. Maka dari itu pada pengoptimasian Waduk Sermo faktor k paling optimal adalah 1 (satu), nilai faktor k < 0,5 akan dianggap gagal dan tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan air irigasi.

Besar nilai faktor k < 0,5 terdapat pada simulasi optimasi Waduk Sermo dengan luas 1.700 ha, tepatnya pada tahun 2010 di bulan November I dan November II. Untuk luas irigasi 1.597,79 ha dan 1.600 ha nilai faktor k > 0,5 sehingga dapat memenuhi kebutuhan air dengan optimal. Hal tersebut menunjukkan bahwa melalui optimasi dengan *solver*, Waduk Sermo dapat melayani daerah irigasi hingga 1.600 ha.

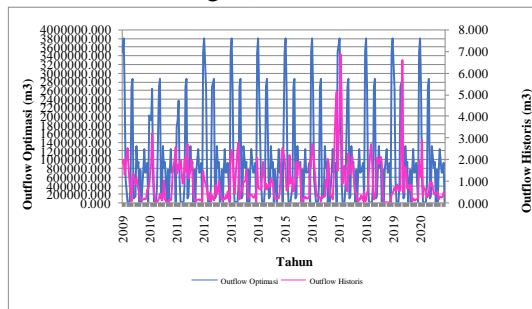
3.9 Outflow Hasil Optimasi dengan Solver

Berdasarkan perhitungan optimasi dengan metode *solver* telah diperoleh hasil berupa *outflow* hasil optimasi sesuai dengan batasan-batasan yang ditentukan. *Outflow* hasil optimasi kemudian dibandingkan dengan *outflow* historis seperti berikut ini :



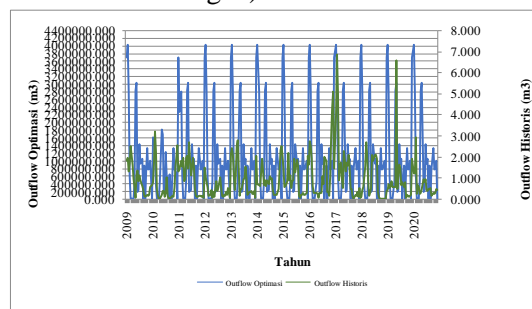
Gambar 11. Perbandingan Outflow Hasil Optimasi dan Outflow Historis (Luas 1.597,79 Ha)

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 12. Perbandingan Outflow Hasil Optimasi dan Outflow Historis (Luas 1.600 Ha)

(Sumber : Perhitungan)



Gambar 13. Perbandingan Outflow Hasil Optimasi dan Outflow Historis (Luas 1.700 Ha)

(Sumber : Perhitungan)

Dari grafik perbandingan *outflow* diatas, terlihat jelas perbedaan hasil *outflow* sebelum di optimasi dan setelah dilakukan optimasi. Terdapat kejanggalan pada *outflow* historis, karena nilai *outflow* kecil padahal luas daerah irigasi yang dilayani besar. Sedangkan *outflow* hasil optimasi lebih besar dari *outflow* historis padahal daerah irigasi yang dilayani lebih kecil.

Karena *outflow* historis sangat kecil dibandingkan dengan *outflow* hasil optimasi, maka dapat disimpulkan air di lapangan lebih banyak disimpan sedangkan melalui optimasi hasil *outflow* lebih besar dikarenakan air di Waduk Sermo lebih banyak digunakan untuk suplesi.

Korelasi antara *outflow* historis dan *outflow* hasil optimasi tergolong sangat kecil yaitu sebesar 0,17182 untuk luas 1.597,79 ha, 0,17285 untuk luas 1.600 ha, dan 0,17052 untuk luas 1.700 ha.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan data dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan neraca air di lapangan diperoleh total volume *inflow* waduk sebesar 25.922.486,853 m³ sedangkan volume kebutuhan air irigasi 53.360.605,659 m³. Dari data tersebut dapat dihitung nilai faktor k global sebesar 0,486 (*inflow* Waduk Sermo sangat kurang untuk melayani kebutuhan air irigasi di lapangan).
2. Berdasarkan *inflow* keandalan 80% diperoleh luasan yang dapat dialiri Waduk Sermo yaitu sebesar 1.597,79 ha (dengan faktor k global sebesar 1,00).
3. *Outflow* historis sangat kecil dibandingkan dengan *outflow* hasil optimasi, dikarenakan air di lapangan lebih banyak disimpan sedangkan melalui optimasi hasil *outflow* lebih besar dikarenakan air di Waduk Sermo lebih banyak digunakan untuk suplesi. Korelasi antara *outflow* historis dan *outflow* hasil optimasi tergolong sangat kecil yaitu sebesar 0,17182 untuk luas 1.597,79 ha.

4.2 Saran

Saran penulis untuk penelitian selanjutnya, perlu adanya peningkatan metode dalam menganalisa operasi Waduk Sermo.

Terdapat beberapa metode seperti program dinamik *deterministik* dan *stochastic* sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1985. *Kebutuhan Air Irigasi*. Direktorat Jendral Pengairan, Bina Program PSA. 010, Departemen Pekerjaan Umum.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak. 2019. *Bendungan Sermo*. Diakses pada 3 Maret 2022, \dari <https://sda.pu.go.id/balai/bwsserayuopak/projects-item/bendungan-sermo/>.
- Bolota, Ilham. 2016. *Studi Optimasi Pola Operasi Waduk Krueng Seulimeum Kecamatan Seulimeum Kabupaten Aceh Besar*. Sarjana Thesis. Universitas Brawijaya. Diakses dari <http://repository.ub.ac.id/144489/>.
- Deni. 2018. *Alami Sedimentasi, Waduk Sermo Kehilangan Seperlima Area Penampungan Air*. Diakses pada 24 Februari 2022, dari <https://www.starjogja.com/2018/04/04/alami-sedimentasi-waduk-sermo-kehilangan-seperlima-areapenampungan-air/>.
- Dinas Pekerjaan Umum. 2021. *Profil Waduk Sermo*. Diakses pada 23 Februari 2022, dari <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/419/profil-waduk-sermo>.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O. 1977. *Crop Water Requirements: Guideline for Predicting Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24. Rome.
- Fachrurrozi, Muhammad. 2017. *Studi Optimasi Pemanfaatan Waduk Bagong Di Kabupaten Trenggalek Untuk Jaringan Irigasi, Kebutuhan Air Baku, dan Potensi PLTA*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Diakses dari <https://repository.its.ac.id/2849/>.
- Faqih, Nasyiin. 2013. *Evaluasi Kinerja Waduk Dengan Metode Simulasi*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Universitas Sains Al-Qur'an. Diakses dari <https://adoc.pub/evaluasi-kinerja-waduk-dengan-metode-simulasi.html>.
- Jayadi, Rachmad. 2013. *Modul Kuliah: Model Optimasi*. Program Pascasarjana, Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada.
- Kumalasari, Devi. 2015. *Optimasi Waduk Jatibarang untuk Kebutuhan Air Kota Semarang*. Magister Thesis. Universitas Gadjah Mada. Diakses dari <https://etd.repository.ugm.ac.id>.
- Linsley, Ray K. dkk. 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mulyanto, H. R. 2019. *Prinsip – Prinsip Irigasi*. Yogyakarta: Teknosain.
- Saputro, G. S. 2020. *Analisis Operasi Waduk Wonogiri Menggunakan Solver*. Jurusan Teknik Sipil ,Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Diakses dari <http://eprints.ums.ac.id/88721/>.
- Soetopo, W. 2010. *Operasi Waduk Tunggal*. Malang: Citra Malang.
- Sofyan, S. A. A. 2021. *Optimasi Operasi Waduk Jatigede Menggunakan Linear*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Politeknik Negeri Ujung Pandang. Diakses dari <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/JACEE/article/view/2933>.