

**ANALISIS OPTIMASI OPERASI WADUK IR. H. DJUANDA
JATILUHUR UNTUK PEMBANGKITAN LISTRIK DENGAN
MENGUNAKAN SOLVER**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

FIRMAN AGUNG PRASETYO

D 100 100 095

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS OPTIMASI OPERASI WADUK IR. H. DJUANDA
JATILUHUR UNTUK PEMBANGKITAN LISTRIK DENGAN
MENGUNAKAN SOLVER**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

FIRMAN AGUNG PRASETYO

D 100 100 095

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing I



Gurawan Djati W, ST.M.Eng.

NIK. 782

Dosen Pembimbing II



Ir. Achmad Karim F, MT.

NIK. 496

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS OPTIMASI OPERASI WADUK IR. H. DJUANDA
JATILUHUR UNTUK PEMBANGKITAN LISTRIK DENGAN
MENGUNAKAN SOLVER

OLEH

FIRMAN AGUNG PRASETYO

D 100 100 095

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 2 Februari 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Gurawan Djati W, ST.M.Eng.

(.....)

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Achmad Karim F, MT.

(.....)

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Jaji Abdurrosyid, ST.MT.

(.....)

(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 2 Februari 2017

Penulis



FIRMAN AGUNG PRASETYO

D 100 100 095

ANALISIS OPTIMASI OPERASI WADUK IR. H. DJUANDA JATILUHUR UNTUK PEMBANGKITAN LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN SOLVER

Abstrak

Waduk atau reservoir adalah tampungan air yang digunakan untuk menampung air saat terjadi kelebihan air pada musim penghujan, dan dipergunakan untuk melayani kebutuhan air. Dengan menerapkan prinsip optimasi operasi waduk, diharapkan potensi sumber daya air dapat digunakan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan manusia. Berdasarkan fungsinya, waduk diklasifikasikan menjadi dua yaitu, waduk eka guna (*single purpose*), waduk yang digunakan hanya untuk satu tujuan, serta waduk multi guna (*multi purpose*), waduk yang digunakan untuk berbagai tujuan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi pola operasi Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur di dalam membangkitkan energi listrik, menerapkan prinsip optimasi dengan solver, sehingga didapatkan hasil pembangkitan listrik yang maksimal. Solver merupakan salah satu perangkat tambahan (*add-in*) yang digunakan untuk memecahkan masalah yang terdapat dalam program aplikasi Microsoft Excel. Dengan kata lain, Solver dapat menangani masalah yang melibatkan banyak sel variabel dan membantu mencari kombinasi variabel untuk meminimalkan atau memaksimalkan nilai satu sel target. Solver memungkinkan untuk mendefinisikan sendiri suatu batasan atau kendala yang harus dipenuhi agar pemecahan masalah dianggap benar. Waduk Ir. H Djuanda Jatiluhur, menunjukkan potensi volume Inflow 80% Waduk Ir. H Djuanda Jatiluhur terbesar terdapat, sebesar 4,373,846,208.00 m³/tahun. Hasil perhitungan optimasi dengan solver menunjukkan bahwa hasil perhitungan pembangkitan energi listrik dari optimasi dengan menggunakan solver lebih besar dibandingkan dengan realisasi pembangkitan listrik eksisting dengan selisih sebesar 20.87 %.

Kata Kunci: waduk, simulasi, optimasi, operasi, solver

Abstract

Dam is a water reservoir used to store water when there is excess water in the rainy season, and is used to serve the needs of water. By applying the principle of optimization of reservoir operation, expected potential of water resources can be used optimally to meet human needs. Based on the function, the reservoir is classified into two, namely, reservoirs single-purpose, the reservoir is used for only one purpose, as well as multi-purpose reservoirs, the reservoir is used for various purposes. This study aimed to evaluate the operating pattern Ir. H. Juanda Jatiluhur in generating electricity, applying the principle of optimization solver, so the results obtained maximum power

generation. Solver is an enhancement (add-in) that is used to solve the problems contained in the application program Microsoft Excel. In other words, the Solver can handle problems involving many variables cells and to help find a combination of variables to minimize or maximize the value of the target cell. Solver allows to define itself a restriction or obstacle that must be met in order to correct the perceived problem solving. Ir. H Juanda Jatiluhur, indicating the potential inflow volume 80% Ir. H Juanda's Jatiluhur largest, amounting to 4,373,846,208.00 m³/year. The results of the optimization solver calculation shows that the calculation results of the electric energy generation by using the optimization solver is greater than the realization of the existing power generation by a margin of 20.87%.

Keywords: reservoir, simulation, optimization, operations, solver

1. PENDAHULUAN

Waduk Jatiluhur (Ir. H. Djuanda) terletak di Kecamatan Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat (± 9 km dari pusat Kota Purwakarta). Bendungan itu dinamakan oleh pemerintah Waduk Ir. H. Djuanda, dengan panorama danau yang luasnya 8.300 ha. Bendungan ini dibangun sejak tahun 1957 oleh kontraktor asal Perancis, dengan potensi air yang tersedia sebesar 12,9 miliar m³ / tahun dan merupakan waduk serbaguna pertama di Indonesia. Di dalam Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur, terpasang 6 unit turbin Francis dengan daya terpasang 187 MW dengan produksi tenaga listrik rata-rata 1.000 juta kwh setiap tahun dan dikelola oleh Perum Jasa Tirta II.

Selain itu Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur memiliki fungsi penyediaan air irigasi untuk 242.000 ha sawah (dua kali tanam setahun), air baku, budi daya perikanan dan sebagai infrastruktur pengendalian banjir.

Identifikasi Masalah

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi pola operasi Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur di dalam membangkitkan energi listrik, menerapkan prinsip optimasi dengan solver, sehingga didapatkan hasil pembangkitan listrik yang maksimal. Bagaimana pola outflow Waduk Ir. H. Djuanda, Kecamatan Jatiluhur,

Kabupaten Purwakarta setiap bulannya agar dapat membangkitkan energi listrik yang maksimal.

Rumusan Masalah

- 1) Potensi ketersediaan air Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur berdasarkan data 16 tahun terakhir (2000-2015).
- 2) Outflow (*outflow* turbin) Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur sehingga didapatkan sumber pembangkitan energi listrik paling besar.
- 3) Perbandingan antara hasil pembangkitan listrik dari penelitian dengan hasil pembangkitan listrik eksisting.

Maksud dan Tujuan

Manfaat dari penelitian ini digunakan sebagai usulan pola pengoperasian Waduk Ir. H. Djuanda, Kecamatan Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta yang lebih baik, terutama di dalam membangkitkan energi listrik.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode optimasi waduk dengan menggunakan solver untuk pembangkitan energi listrik. Adapun tahapan pelaksanaan adalah sebagai berikut :

- 1) Persiapan
 1. Survey lapangan
 2. Pengumpulan Data, berupa :
 - a) Data topografi
 - b) Data klimatologi
 - c) Data teknik waduk
 - d) Data operasi waduk
 - e) Data karakteristik waduk
- 2) Pengolahan Data

Setelah data terkumpul, maka selanjutnya perlu dilakukan pengolahan data untuk melakukan perhitungan selanjutnya. Pengolahan data yang dibutuhkan dan dikelompokkan sesuai identifikasi permasalahannya, sehingga di dapat penganalisan dan pemecahan yang efektif dan terarah.

Analisis data yang perlu dilakukan antara lain :

1. Analisis potensi *inflow* waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur.
 2. Analisis operasi waduk untuk pembangkitan energi listrik dengan solver.
 3. Perbandingan optimasi solver dengan pembangkitan listrik eksisting.
- 3) Menarik Kesimpulan dan Hasil Penelitian

Setelah dilakukan analisa, maka dapat ditarik kesimpulan yang menjadikan acuan sebagai hasil penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

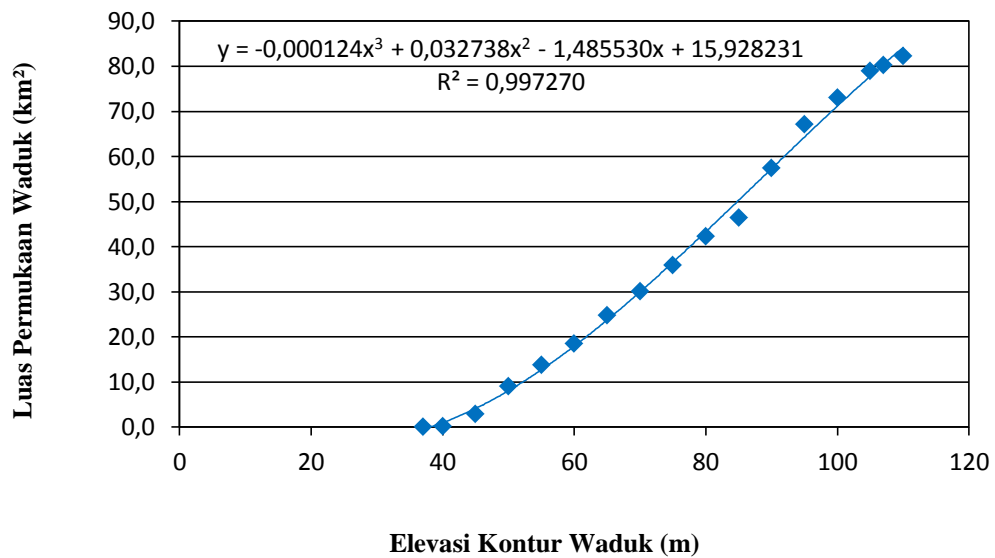
Pada proses perhitungan diawali dengan membuat kurva karakteristik waduk, kurva hubungan antara volume dengan luas permukaan waduk dan hubungan antara elevasi dengan luas permukaan waduk dengan data yang tersedia. Data karakteristik waduk yang disajikan pada tabel berikut ini,

Tabel 1. Karakteristik Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur

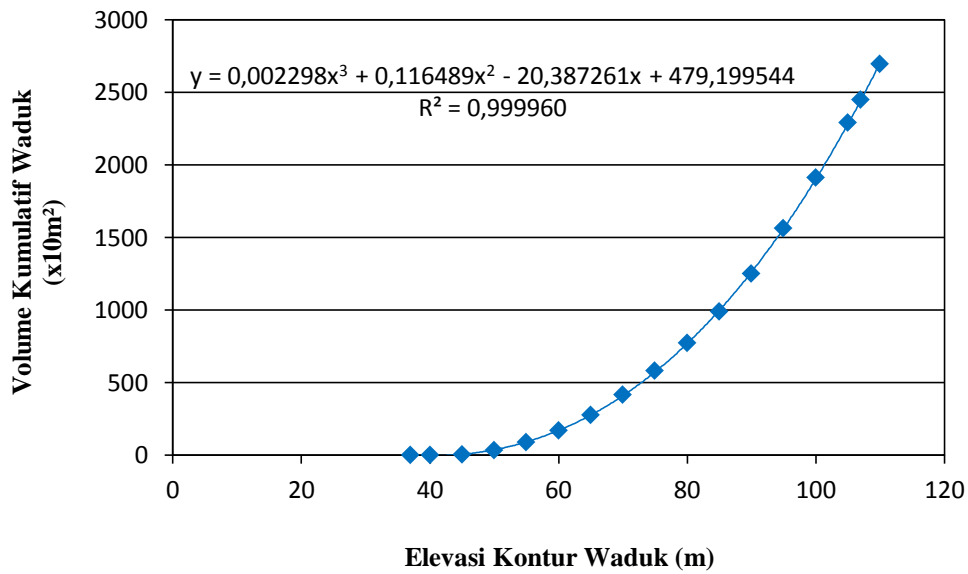
Kontur (m)	Luas Permukaan Waduk (km ²)	Volume Waduk (x10 ⁶ m ³)	Volume Kumulatif (x10 ⁶ m ³)
110	82.2	244	2695
107	80.2	159	2451
105	78.9	380	2292
100	73.0	350	1912
95	67.1	311	1562
90	57.4	259	1251
85	46.4	219	992
80	42.3	193	773
75	35.9	165	581
70	30.1	137	416
65	24.7	108	279
60	18.5	80.3	171

55	13.7	56.3	90.9
50	8.98	28.2	34.6
45	2.86	6.04	6.37
40	0.14	0.27	0.33
37	0.05	0.06	0.06

Jika data karakteristik dibuat grafik dan regresi antara kontur dengan luas maupun kontur dengan volume komulatif, dapat disajikan data karakteristik waduk sebagai berikut,



Gambar 1. Hubungan antara Luas Permukaan Waduk dengan Elevasi Kontur Waduk



Gambar 2. Hubungan antara Volume Kumulatif Waduk dengan Elevasi Kontur Waduk

Dari kurva karakteristik waduk di atas dapat ditarik persamaan rumus sebagai berikut :

$$A_1 = - 0.000124 \times h^3 + 0.032738 \times h^2 - 1.4853 \times h + 15.928231$$

dengan :

A_1 : luas waduk (km^2)

h : kedalaman air waduk (+m)

Persamaan di atas di dapat dari hubungan antara luas permukaan waduk dengan elevasi kontur waduk.

$$S_1 = (0.002298 \times h^3 + 0.116489 \times h^2 - 20.38726 \times h + 479.199544) \times 10^6$$

dengan :

S_1 : volume awal waduk (m^3)

h : kedalaman air waduk (+m)

Persamaan di atas di dapat dari hubungan antara volume kumulatif waduk dengan elevasi kontur waduk.

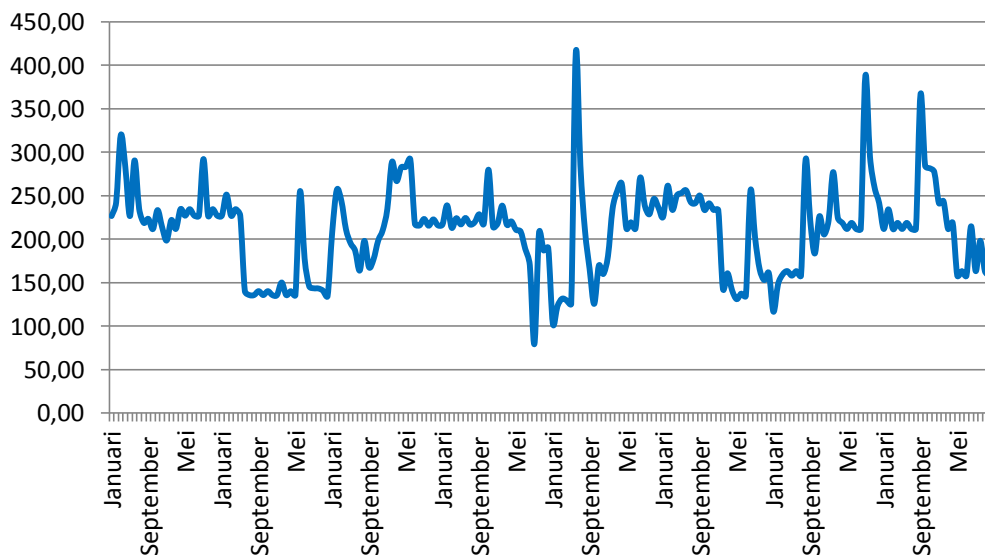
Dengan data efisiensi turbin Francis yang tersedia dibuat persamaan antara efisiensi dengan debit. *Dead storage* di Waduk Ir. H. Djuanda adalah volume waduk di bawah elevasi +75 m.

Metode terakhir yang digunakan adalah metode optimasi dengan cara mencoba-coba *outflow* menggunakan program Solver dalam excel. Dalam Excel, Solver bekerja dengan sekelompok sel - *decision variable cells* - yang berfungsi dalam menghitung rumus di sel *objective* dan *constraint cells*. Solver menyesuaikan nilai-nilai dalam sel variabel keputusan untuk memenuhi batas sel kendala dan menghasilkan hasil yang diinginkan untuk sel tujuan.

Dengan objek nilai maksimum adalah total dari pembangkitan listrik, dan *changing variable cells* adalah dengan mencoba – coba *outflow*, ditambah subjek untuk *constraint* adalah $dead\ storage < S_2 < S_2\ maks$, maka dapat dilakukan perhitungan menggunakan solver untuk mendapat hasil yang optimal.

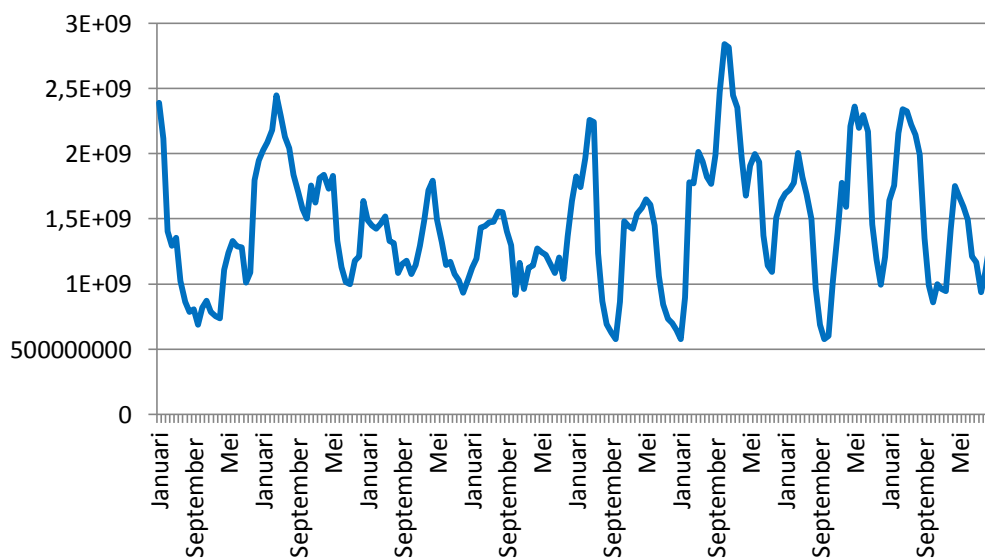
Setelah dilakukan optimasi menggunakan solver maka akan didapatkan hasil pembangkitan listrik yang kemudian dapat dibandingkan dengan hasil pembangkitan listrik historis.

Dalam analisis optimasi operasi waduk meggunakan solver terdapat 3 bagian yaitu, *adjustable cells/sel* pengatur (*outflow*), *constrained cells/sel* pembatas (S_2) dan *target cells/sel* target (realisasi pembangkitan listrik) yang jika dibuat grafik dapat disajikan sebagai berikut,



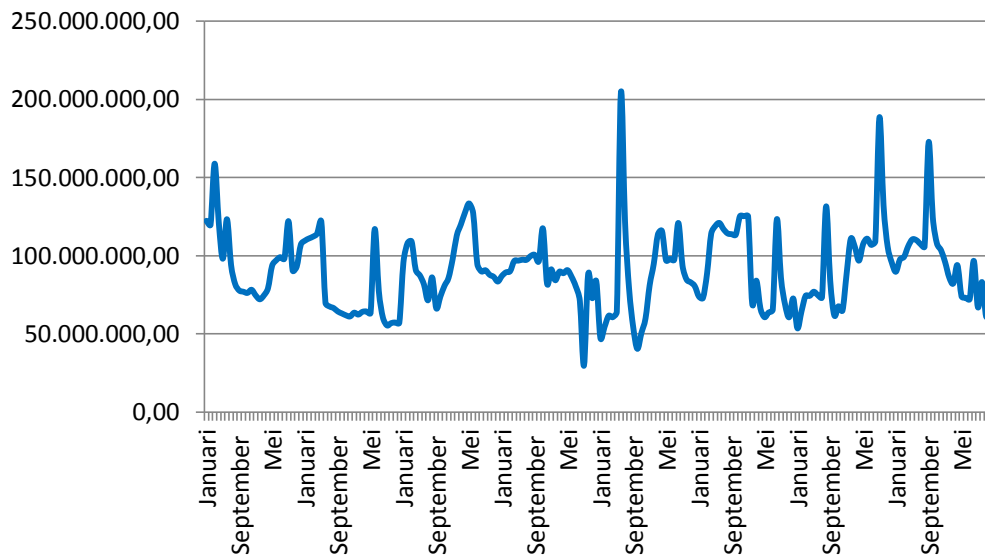
Gambar 3. Outflow Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur Hasil Optimasi Solver (m^3/dtk)

Grafik diatas menunjukkan bahwa besaran *outflow* setiap bulannya berubah-ubah. Dalam 3 tahun pertama (2000-2002) besaran *outflow* berkisar pada angka $\pm 220 m^3/dtk$, cenderung naik disetiap awal dan akhir tahun, dan turun pada pertengahan tahun. Pada 3 tahun berikutnya (2003-2005) *outflow* waduk mengalami penurunan sampai pada angka $\pm 130 m^3/dtk$, dimulai dari pertengahan tahun 2002 sampai tahun 2004 dan mulai mengalami peningkatan pada tahun 2005 yang cenderung stabil pada angka $\pm 250 m^3/dtk$. Pada tahun 2006, 2007 *outflow* waduk turun stabil pada angka $\pm 180 m^3/dtk$, dan pada awal tahun 2008 besaran *outflow* waduk berada pada angka $\pm 100 m^3/dtk$ (terendah selama 16 tahun) dan meningkat secara drastis pada pertengahan tahun 2008, mencapai angka $\pm 400 m^3/dtk$ dan mengalami penurunan di akhir tahun. Dan pada tahun 2009-2016 *outflow* waduk berkisar pada angka $\pm 240 m^3/dtk$ kecuali pada tahun 2012 yang berkisar pada angka $\pm 180 m^3/dtk$.



Gambar 4. Volume Akhir Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur S_2 (m^3)

Dari grafik diatas dapat dilihat volume akhir waduk (S_2) mengalami peningkatan dan penurunan setiap bulannya selama 16 tahun, berkisar pada angka $1,454,649,647.44 m^3/tahun$.



Gambar 5. Pembangkitan Listrik (KWH)

Hasil optimasi pembangkitan listrik Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur selama 16 tahun dapat dilihat pada Gambar 5. Realisasi Pembangkitan Listrik diatas. Pada grafik tersebut listrik yang dibangkitkan berbeda, tergantung dari besarnya *outflow* waduk yang dikeluarkan. Semakin besar *outflow* maka semakin besar juga listrik yang dibangkitkan.

Tabel 2. Inflow Total Waduk Ir. H Djuanda Jatiluhur (m³/dtk)

Tahun	Januari	Februari	Maret
2000	209.82	166.75	107.24
2001	129.79	174.53	181.28
2002	298.57	329.99	313.87
2003	106.37	228.36	171.91
2004	154.98	221.57	214.87
2005	245.20	328.81	336.83
2006	207.68	219.66	259.71
2007	98.42	260.19	178.70
2008	176.06	120.58	231.05
2009	147.93	202.94	273.23
2010	186.44	390.00	526.67
2011	253.02	125.52	61.11
2012	140.34	170.60	193.58

2013	36.23	51.10	34.51
2014	332.29	285.01	380.57
2015	183.98	189.26	345.90
Rerata	181.70	216.55	238.19
Q 80%	106.37	228.36	171.91
Volume 80%	284,901,408.00	552,448,512.00	460,443,744.00

Tahun	April	Mei	Juni
2000	212.80	212.61	130.54
2001	353.84	231.86	228.35
2002	392.38	188.99	126.79
2003	130.30	188.36	94.31
2004	200.31	196.86	100.62
2005	325.47	195.89	209.25
2006	205.17	205.80	207.48
2007	225.31	161.98	160.20
2008	288.59	170.16	78.89
2009	271.41	232.25	209.12
2010	270.34	364.80	277.41
2011	72.61	225.48	210.89
2012	275.10	136.39	140.87
2013	44.87	26.48	18.55
2014	345.65	246.56	225.05
2015	323.37	146.13	141.20
Rerata	246.10	195.66	159.97
Q 80%	130.30	188.36	94.31
Volume 80%	337,737,600.00	504,503,424.00	244,451,520.00

Tahun	Juli	Agustus	September
2000	131.45	155.35	201.80
2001	177.23	188.13	150.59
2002	156.73	109.49	119.75
2003	68.97	58.26	93.07
2004	124.86	78.35	148.49
2005	118.10	181.35	142.19
2006	226.96	210.22	163.21
2007	123.33	99.33	80.97
2008	107.35	107.54	123.35
2009	152.24	104.33	109.97
2010	239.83	250.90	357.26
2011	159.61	86.62	82.76
2012	98.00	77.32	71.63

2013	33.01	13.57	12.26
2014	234.75	209.59	166.74
2015	118.31	93.39	104.76
Rerata	141.92	126.48	133.05
Q 80%	68.97	58.26	93.07
Volume 80%	184,729,248.00	156,043,584.00	241,237,440.00

Tahun	Oktober	November	Desember
2000	135.31	266.83	201.80
2001	212.36	462.15	308.44
2002	100.79	107.10	214.55
2003	167.09	109.30	252.58
2004	143.32	114.75	191.19
2005	153.30	141.16	211.28
2006	152.52	96.29	266.58
2007	103.76	267.84	261.60
2008	96.73	277.60	355.20
2009	153.04	210.59	196.13
2010	459.88	413.84	391.12
2011	103.60	268.59	194.81
2012	124.34	233.53	352.77
2013	10.86	15.27	23.74
2014	119.33	185.78	294.86
2015	68.59	182.75	190.96
Rerata	144.05	209.59	244.23
Q 80%	167.09	109.30	252.58
Volume 80%	447,533,856.00	283,305,600.00	676,510,272.00
Σ Volume 80%	4,373,846,208.00 m ³ /tahun		

$Q\ 80\% = n/5 + 1 = 16/5 + 1 = 4,2 = 4$ (diambil urutan ke-4 pada bulan selama jumlah tahun). Berdasarkan tabel diatas didapat volume *inflow* 80% sebesar 4,373,846,208.00 m³/tahun.

Tabel 3. Perbandingan Pembangkitan Listrik Eksisting dengan Hasil Optimasi

Tahun 2013		
Bulan	Listrik (kwh)	
	Eksisting	Optimasi
Januari	77,192,000.00	88,388,658.27
Februari	79,644,000.00	110,656,845.52

Maret	80,999,000.00	105,719,951.12
April	92,462,000.00	96,840,948.04
Mei	94,962,000.00	107,202,437.42
Juni	94,151,000.00	110,919,776.52
Juli	105,509,000.00	106,895,140.53
Agustus	103,276,000.00	109,244,483.46
September	98,583,000.00	188,411,957.67
Oktober	100,597,000.00	132,219,726.63
November	93,752,000.00	105,877,816.58
Desember	92,526,000.00	95,721,799.38
Σ	1,113,653,000.00	1,358,099,541.13

Tahun 2014

Bulan	Listrik (kwh)	
	Eksisting	Optimasi
Januari	90,951,000.00	89,733,387.99
Februari	87,680,000.00	97,592,860.51
Maret	91,063,000.00	99,263,290.39
April	71,576,250.00	105,997,186.07
Mei	86,060,000.00	110,412,351.37
Juni	94,725,000.00	109,934,737.40
Juli	77,779,000.00	107,469,116.27
Agustus	74,763,500.00	105,778,138.80
September	72,141,749.00	172,648,171.48
Oktober	94,039,875.00	124,675,379.77
November	80,817,000.00	107,899,026.17
Desember	79,513,000.00	103,563,886.12
Σ	1,001,109,374.00	1,334,967,532.34

Tahun 2015

Bulan	Listrik (KWH)	
	Eksisting	Optimasi
Januari	68,952,000.00	95,925,767.29
Februari	66,157,000.00	86,209,959.90
Maret	70,120,880.00	82,274,162.31
April	91,004,320.00	93,969,612.68
Mei	101,020,800.00	74,053,287.59
Juni	100,404,000.00	73,137,878.07
Juli	94,501,000.00	72,278,587.36

Agustus	88,120,000.00	96,751,193.61
September	72,149,000.00	67,025,090.43
Oktober	56,479,000.00	83,171,160.68
November	42,037,000.00	61,139,504.39
Desember	48,962,000.00	64,845,411.95
Σ	899,907,000.00	950,781,616.26

Perbandingan realisasi pembangkitan listrik eksisting dengan hasil optimasi dalam persen (%)

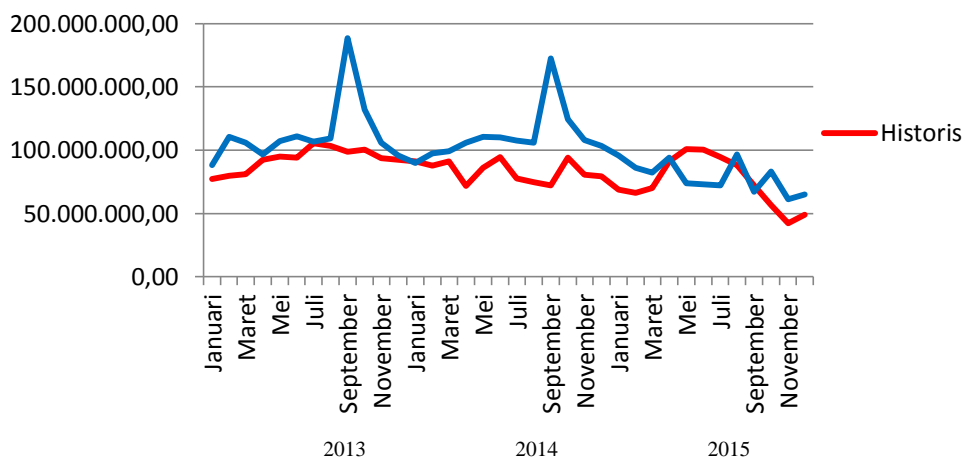
$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Listrik Eksisting} &= \Sigma \text{ Listrik 2013} + \Sigma \text{ Listrik 2014} + \Sigma \text{ Listrik 2015} \\ &= 1,113,653,000.00 + 1,001,109,374.00 + 899,907,000.00 \\ &= 3,014,669,374.00 \text{ kwh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Listrik Optimasi} &= \Sigma \text{ Listrik 2013} + \Sigma \text{ Listrik 2014} + \Sigma \text{ Listrik 2015} \\ &= 1,358,099,541.13 + 1,334,967,532.34 + 950,781,616.26 \\ &= 3,643,848,689.73 \text{ kwh} \end{aligned}$$

$$\frac{\Sigma \text{ Listrik Optimasi} - \Sigma \text{ Listrik Eksisting}}{\Sigma \text{ Listrik Eksisting}} \times 100 = 20.87 \%$$

Jadi hasil optimasi dengan menggunakan solver lebih besar dibanding pembangkitan listrik eksisting dengan selisih sebesar 20.87 %.

Jika dibuat grafik hasil perbandingan realisasi pembangkitan listrik eksisting dengan hasil optimasi dapat disajikan sebagai berikut,



Gambar 6. Pembangkitan Listrik Eksisting dengan Hasil Optimasi

4. PENUTUP

Berdasarkan dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan Tabel 2, menunjukkan potensi volume *inflow* 80% Waduk Ir. H Djuanda Jatiluhur sebesar 4,373,846,208.00 m³/tahun.
- 2) *Outflow* (*outflow* turbin) Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur setiap bulannya berbeda. Dari data yang didapat selama 16 tahun pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa *outflow* waduk setiap bulannya selalu berubah-ubah. Setiap tahunnya besaran *outflow* waduk berada pada angka yang berbeda, berkisar pada 200 m³/dtk sampai dengan 250 m³/dtk. Adapun *outflow* terendah ada pada angka ± 100 m³/dtk dan tertinggi mencapai angka ± 400 m³/dtk pada tahun 2008. Dari *outflow* tersebut dapat diketahui hasil pembangkitan energi listrik setiap bulannya selama 16 tahun. Dan setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan solver akan didapat hasil pembangkitan listrik paling besar.
- 3) Berdasarkan Tabel 3, menunjukkan bahwa hasil perhitungan pembangkitan listrik dari optimasi dengan menggunakan solver lebih besar dibandingkan dengan realisasi pembangkitan listrik eksisting dengan selisih sebesar 20.87 %. Maka dapat disimpulkan bahwa optimasi menggunakan metode optimasi dengan solver lebih baik.

PERSANTUNAN

Terimakasih kepada Allah SWT, keluarga, bapak (alm), ibu dan adik. Tidak lupa kepada dosen pembimbing dan penguji, serta teman-teman seperjuangan yang telah banyak membantu sehingga dapat terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Abdulazis & Sameh (2002), *Application of goal programming in a multi of objective reservoir in Tunisia*, www.Elsevier.com.

- Budiyanto, 1993, Penentuan Pedoman Operasi Waduk dengan Teknik Optimasi dan Simulasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Djojowiriono, S., 2005, Manajemen Konstruksi, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Harto, Sri Br, 1993, Analisis Hidrologi, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Linsey, R.K., Franzini, J.B., Sasongko, D., 1985, Teknik Sumber Daya Air, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Loucks, D.P., Stedinger, J.R., Harth, D.A., 1981, Water Resource Systems Planning And Analysis, Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Murtiana, Agus (2006), Optimasi Manajemen Air Rawa Jombor, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ramadhan, Bayu (2003), Optimasi Pengoperasian Waduk Wonogiri, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Saputro, N.H., 2003, Analisa Keandalan Waduk Cengklik Menggunakan Bahasa Fortran, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Setyonegoro, A.T., 2002, Penetapan Peil Eksploitasi Waduk Cengklik Boyolali Dengan Model Simulasi Sederhana, Makalah Seminar Pra Pendadaran, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Soediby, (2003), Teknik Bendungan, Pranatya Pramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, S., Takeda, K., 1978, Hidrologi Untuk Pengairan, Pranatya Pramita, Jakarta.