KAJIAN POLA OPERASI WADUK TUGU DENGAN INFLOW DEBIT ANDALAN DAN INFLOW DEBIT BANGKITAN AWLR

Yudha Tantra Ahmadi¹, Widandi Soetopo², Pitojo Trijuwono²

¹Pelaksana Teknik dan Pengendalian PPK Danau Situ dan Embung Balai Besar Wilayah Sungai Brantas
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

²Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Email: tantra_pha@yahoo.com

Abstrak : Untuk mendapatkan pola operasi waduk Tugu yang efektif maka perlu adanya suatu kajian perbandingan antara inflow dari debit andalan dan inflow dari debit bangkitan AWLR. Pembangkitan debit Hujan dengan metode *FJ. Mock*. Data Debit yang di analisis adalah debit andalan 80 % dan 50 %. Untuk perhitungan debit bangkitan adalah perpanjangan data debit AWLR sampai dengan tahun 2020 dengan metode *Thomas Fiering*. Alternatif tanam menggunakan tiga alternatif tanam yaitu alternatif tanam I (padi-padi-padi), alternatif tanam II (padi-padi-palawija), alternatif tanam III (padi-palawija-palawija). Simulasi layanan dilakukan untuk setiap pola tata tanam dengan mengacu pada dua pendekatan yaitu luasan tanam irigasi 1200 Ha dan keberhasilan layanan 95 %.

Alternatif tanam yang paling menguntungkan adalah alternatif tanam III (padi-palawija-palawija) dengan keuntungan Rp. 290.745.750.000,- dengan inflow debit andalan 50%. Dari hasil keseluruhan simulasi layanan tersebut dapat disusun grafik pola muka air waduk, sehingga didapatkan suatu bentuk *rule curve* operasi waduk Tugu.

Kata kunci: simulasi, Pola operasi, Waduk Tugu, Simulasi, *Rule Curve*,

Abstract : To get an effective operations pattern of Tugu reservoir it is necessary to do a comparative study between dependable discharge inflow and resurrection discharge inflow from AWLR. Rain discharge resurrection was done using *FJ. Mock* methods intended to determine the discharge that occurs from the existing rainfall data. Discharge data were analyzed is a dependable discharge of 80% and 50% which is normal dry and wet season. While for calculation of resurrection discharge are using AWLR discharge data extension until 2020 with *Thomas Fiering* method. Alternative crops in this study using three alternate, that is cropping alternative I (paddy - paddy - palawija), cropping alternative II (paddy - paddy - palawija), cropping alternative III (paddy - palawija - palawija). Services simulation are performed for each cropping pattern using two approaches, that is irrigation area of 1200 Ha and the service success at 95%.

That the profitable cropping alternative is cropping third alternative (paddy - palawija - palawija) with a profit of Rp. 290.745.750.000,- using dependable discharge inflow of 50%. From the overall results of the services simulation can be arranged the reservoir water level patterns chart, so that a form of *rule curve* operation Tugu reservoir.

Key word: Simulation, Operations pattern, Tugu reservoir, Simulation, *Rule Curve*

Dalam rangka mengembangkan potensi Sumber Daya Air khususnya pada Kabupaten Trenggalek maka Pemerintah Pusat dalam hal ini Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat membangun waduk Tugu yang terletak pada desa Nglinggis kecamatan Tugu kabupaten Trenggalek. Tujuan dari

pembangunan Waduk Tugu adalah untuk menampung potensi air hujan dan aliran permukaan sungai Keser sebagai sumber air utama yang dimanfaatkan untuk :

- a. Air irigasi Daerah Irigasi (DI) Ngasinan seluas 1.200 ha dengan pola tanam padi-padi-palawija.

- b. Suplesi air bersih untuk kebutuhan masyarakat di sekitar Waduk Tugu dengan kapasitas 12,80 Liter/Detik.
- c. Pengendalian Banjir.
- d. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro
- e. Obyek Parawisata.
- f. Perikanan air tawar.
- g. Konservasi Sumber Daya Air.

Untuk mendukung operasi waduk Tugu maka perlu dilakukan simulasi ketersediaan tampungan dan kebutuhan air waduk dengan melakukan simulasi pola operasi.

Maksud dari studi ini adalah untuk mengetahui perbandingan hasil simulasi layanan antara inflow dari debit andalan dan inflow dari debit bangkitan AWLR, mana yang lebih menguntungkan diantara kedua debit inflow tersebut dengan pola tata tanam yang ideal sehingga didapatkan *rule curve* operasi waduk Tugu yang efektif.

Lokasi Waduk Tugu terletak di Desa Nglinggis Kecamatan Tugu Kabupaten Trenggalek. Secara geografis terletak pada kooordinat $08^{\circ} 02' 27''$ LS dan $111^{\circ} 35' 07''$ BT, lokasi terletak di pinggir kiri jalan raya kabupaten yang menghubungkan kota Trenggalek – Ponorogo, pada km ± 15.00 dari kota Trenggalek ke arah barat kemudian berbelok ke kiri +1 km memasuki jalan desa yang dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat.

Gambar 1. Peta Lokasi Waduk Tugu Kab. Trenggalek (sumber : BBWS Brantas, 2010)

METODE PENELITIAN

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data hujan harian stasiun hujan Tugu, stasiun hujan Pule, dan stasiun hujan Jabung tahun 1976 – 2014.
- b. Data debit harian AWLR sungai Keser tahun 1993 – 2014.

- c. Data Teknis perencanaan Bendungan Tugu. Data teknis ini digunakan untuk menentukan batas bawah elevasi tampungan mati sehingga diketahui batas gagal simulasi operasi waduk.
- d. Data klimatologi di wilayah Kab. Trenggalek. Data klimatologi ini diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas tahun 2015.
- e. Peta Lokasi penelitian Waduk Tugu.
- f. Data biaya produksi tanaman. Data biaya produksi tanaman padi dan palawija yang dipakai adalah data tahun 2015, digunakan untuk mengetahui besar manfaat irigasi yang selanjutnya digunakan untuk menghitung keuntungan setiap pola tata tanam alternatif.

Langkah pengolahan data adalah sebagai berikut :

1. Pengolahan data hidrologi
 - a. Analisa pengaruh stasiun hujan terbagi dua wilayah, yaitu wilayah DAS waduk Tugu dan wilayah irigasi.
 - b. Perhitungan curah hujan rerata daerah dengan metode *Thiessen* wilayah irigasi meliputi stasiun hujan Pule dan Tugu, digunakan sebagai input perhitungan R80 dan R50 kemudian dilakukan perhitungan curah hujan efektif, yang kemudian digunakan sebagai perhitungan kebutuhan air irigasi untuk setiap pola tata tanam. Pola tata tanam yang dikembangkan pada studi ini adalah padi-padi-padi (alternatif I), padi-padi-palawija (alternatif II), padi-palawija-palawija (alternatif III).
 - c. Perhitungan curah hujan rerata daerah dengan metode *Thiessen* untuk wilayah DAS waduk Tugu meliputi stasiun hujan Tugu dan Jabung, digunakan sebagai input perhitungan R80 dan R50 kemudian digunakan sebagai input perhitungan debit andalan 80% dan debit andalan 50% dengan model *F.J. Mock*. Debit andalan 80% dan 50% hasil keluaran model *F.J. Mock* sebagai input *inflow* simulasi operasi tampungan waduk Tugu.
2. Pengolahan data debit AWLR sungai Keser

Pengolahan data debit digunakan untuk mengetahui debit hasil bangkitan sampai dengan tahun 2020 dimana debit tersebut digunakan sebagai inflow simulasi operasi tampungan waduk Tugu. Pembangkitan debit AWLR menggunakan model *Thomas Fiering*.
3. Pengolahan data klimatologi

Data klimatologi diperlukan untuk menghitung nilai evapotranspirasi potensial dengan metode *penman* modifikasi.

4. Pengolahan data kependudukan

Data kependudukan digunakan untuk perhitungan kebutuhan air baku penduduk untuk lima desa layanan, yaitu desa Nglinggis, desa Pucanganak, desa Dermosari, desa Winong, dan desa Tegaren.

5. Simulasi pola operasi dan keberhasilan layanan waduk Tugu

- Dengan *inflow* debit bangkitan AWLR, *outflow* kebutuhan air irigasi pola tata tanam I, II, III dan kebutuhan air baku. Simulasi dilakukan dengan dua skenario yaitu untuk 1200 Ha irigasi dan keberhasilan layanan 95%.
- Dengan *inflow* debit andalan 80%, *outflow* kebutuhan air irigasi pola tata tanam I, II,

III dan kebutuhan air baku. Simulasi dilakukan dengan dua skenario yaitu untuk 1200 Ha irigasi dan keberhasilan layanan 95%.

- Dengan *inflow* debit andalan 50%, *outflow* kebutuhan air irigasi pola tata tanam I, II, III dan kebutuhan air baku. Simulasi dilakukan dengan dua skenario yaitu untuk 1200 Ha irigasi dan keberhasilan layanan 95%.

6. Perhitungan keuntungan/benefit pola tata tanam terpilih sehingga diperoleh keuntungan maksimal dan pola tata tanam yang efektif untuk irigasi waduk Tugu.

7. Rule curve pola operasi waduk Tugu.

Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Rerata Daerah

Perhitungan curah hujan rerata daerah dengan metode *Polygon Thiessen* yaitu dengan didasarkan atas rata-rata timbang.

Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar hujan (Soemarto.C.D, 1987).

Pada Studi ini, perhitungan curah hujan rerata daerah terbagi menjadi dua wilayah hujan rerata yaitu :

1. Wilayah hujan rerata daerah Irigasi
2. Wilayah hujan rerata daerah DAS Bendungan Tugu

Curah Hujan Rerata Daerah Irigasi

Stasiun Hujan yang berpengaruh pada Daerah layanan irigasi Bendungan Tugu berdasarkan sebaran stasiun hujan dan *polygon Thiessen* adalah :

- a. Stasiun Hujan Tugu = 0,98
- b. Stasiun Hujan Pule = 0,02

Berdasarkan koefisien luasan pengaruh hujan *thiessen* tersebut maka dapat di tentukan curah hujan rerata daerah untuk wilayah layanan irigasi Bendungan Tugu, dan ditentukan nilai R80 untuk padi dan R50 untuk Palawija.

Curah Hujan Rerata Daerah Aliran Sungai Waduk Tugu

Stasiun Hujan yang berpengaruh pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendungan Tugu berdasarkan sebaran stasiun hujan dan *polygon Thiessen* adalah :

- a. Stasiun Hujan Tugu = 0,047
- b. Stasiun Hujan Pule = 0,952

Berdasarkan koefisien luasan pengaruh hujan *thiessen* tersebut maka dapat di tentukan curah hujan rerata daerah untuk wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Bendungan Tugu, dan ditentukan nilai R80 dan R50 yang kemudian digunakan untuk menentukan data input pemodelan Debit menggunakan *F.J. Mock* pada perhitungan Q andalan 80% dan Q Andalan 50%.

Analisis hidrologi digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan efektif dengan keandalan 50 % dan 80 %. Sebelum melakukan perhitungan, data hujan perlu di cek kualitasnya dengan menggunakan uji konsistensi data yang kemudian dilanjutkan dengan pengecekan abnormalitas data (Soewarno, 1995).

Gambar 3. Grafik Curah Hujan Rerata Harian Daerah Irigasi (tahun 1976-2014)

Gambar 4. Grafik Curah Hujan Rerata Harian DAS Waduk Tugu (tahun 1976-2014)

Analisa Kebutuhan Air Irigasi

Pola tata tanam merupakan cara yang terpenting dalam perencanaan tata tanam. Maksud disediakan pola tata tanam adalah untuk mengatur waktu, tempat, jenis, dan luas tanaman pada daerah irigasi (Sosrodarsono Suyono, 2003).

Tujuan pola tata tanam adalah untuk memanfaatkan persediaan air irigasi seefisien dan seefektif mungkin, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik (Gunawan, 2002).

Pola tata tanam yang akan dikembangkan pada studi ini adalah padi – padi – padi(alternatif I), padi – padi – palawija (alternatif II), padi – palawija – palawija (alternatif III), dengan alternatif awal tanam pada bulan November I, November II, November III dan Desember I.

Berdasarkan Perhitungan kebutuhan air irigasi berdasarkan dengan menggunakan tiga pola tata tanam dan empat alternatif awal tanam didapatkan kebutuhan air irigasi yang paling efektif dalam hal ini kebutuhan air terkecil adalah pada alternatif awal tanam bulan Desember I.

Analisa Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air adalah jumlah air yang dipergunakan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air (Kodoatie, 2005).

Berdasarkan perencanaan Waduk Tugu, daerah layanan air baku mencakup lima desa yaitu desa Nglinggis, desa Pucanganak, desa Dermosari, desa Winong, dan desa tegaren. Berdasarkan perhitungan hasil proyeksi penduduk dengan metode Aritmatik, Geometrik dan Eksponensial disimpulkan bahwa proyeksi penduduk menggunakan metode Aritmatik memiliki angka standard deviasi paling kecil, sehingga besaran proyeksi yang di pakai adalah metode aritmatik.

Hasil perhitungan proyeksi jumlah penduduk dengan tiga metode dapat dilihat pada tabel dibawah ini, Pada gambar 5 sampai dengan gambar 9 tersebut dapat disimpulkan bahwa dari tiga metode perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk lima desa di hilir Waduk Tugu yang akan terlayani air baku, metode yang paling baik dan memiliki standart deviasi paling kecil adalah metode Aritmatik yaitu pada grafik berwarna merah.

Gambar 5. Proyeksi pertambahan penduduk desa Nglinggis

Gambar 6. Proyeksi pertambahan penduduk desa Pucanganak

Gambar 7. Proyeksi pertambahan penduduk desa Dermosari

Gambar 8. Proyeksi pertambahan penduduk desa Winong

Gambar 9. Proyeksi pertambahan penduduk desa Tegaren

Gambar 10. Hasil Bangkitan AWLR Thomas Fiering Debit Bulanan (m3/det)

Pembangkitan data Debit metode *Thomas Fiering*

Pembangkitan Data Debit AWLR dilakukan untuk memperpanjang data debit AWLR Sungai Keser hingga Tahun 2020, menggunakan metode *Thomas Fiering*, dimana hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 10. Hasil Bangkitan AWLR *Thomas Fiering* Debit Bulanan (m³/det).

Simulasi Keberhasilan layanan Waduk Debit AWLR *Thomas Fiering*

Pada dasarnya operasi waduk (*reservoir operation*) adalah proses penampungan aliran air sungai ke dalam sebuah waduk (*reservoir*) dan pelepasan daripada air yang telah ditampung tersebut untuk berbagai tujuan tertentu (Soetopo, 2010).

Berikut dibawah ini merupakan hasil simulasi Keberhasilan layanan Waduk Bendungan Tugu menggunakan data Debit Historis AWLR dan bangkitan/perpanjangan data debit menggunakan Metode *Thomas Fiering*. Skenario simulasi keberhasilan layanan waduk untuk menganalisa :

1. Berapa keberhasilan layanan tampungan Waduk Tugu yang difungsikan untuk Irigasi 1200 ha, dan kebutuhan air baku hingga tahun 2038 adalah sebesar 31,81 lt/dt.
2. Berapa luas hektar sawah irigasi yang dapat diairi dengan target keberhasilan tampungan waduk 95 % (Berdasarkan Perkembangan Peraturan Pemerintah Tentang Perencanaan Bendungan keberhasilan layanan waduk ditetapkan 95%)

Tabel 1. Keberhasilan Layanan Waduk untuk 1200 ha dan Kebutuhan Air Baku 31,81 lt/dt Dengan *Inflow* Debit Bangkitan AWLR

Alternatif Tanam	Luas Tanam (Ha)	Keberhasilan Layanan Irigasi(%)	Keberhasilan Layanan Air Baku (%)
Padi - Padi - Padi	1200	80%	93%
Padi - Padi - Palawija	1200	97%	97%
Padi - Palawija - paliwaja	1200	100%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 2. Keberhasilan Layanan Waduk untuk Keberhasilan Layanan 95 % Dengan *Inflow* Debit Bangkitan AWLR

Alternatif Tanam	Luas Tanam	Keberhasilan Layanan Irigasi	Keberhasilan Layanan Air Baku
Padi - Padi - Padi	619.6	95%	95%
Padi - Padi - Palawija	1431.63	95%	95%
Padi - Palawija - paliwaja	4823.58	95%	95%

Sumber : Hasil Perhitungan

Pembangkitan Data Debit Hujan Metode *F.J.Mock*

Dr. F. J. Mock (1973) memperkenalkan model sederhana simulasi keseimbangan air bulanan untuk aliran yang meliputi data hujan, evaporasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran (Limantara, 2010).

Pembangkitan debit Hujan *FJ. Mock* dimaksudkan untuk mengetahui berapa debit yang terjadi pada wilayah yang dianalisa dari data hujan yang terjadi pada stasiun hujan yang berpengaruh (Sudjarwadi, 1989).

Data input hujan yang digunakan adalah data hujan R 80% seperti pada perhitungan curah hujan rerata daerah R80 wilayah DAS Bendungan Tugu, dengan asumsi pendekatan bahwa kejadian Q80 *inflow* Bendungan Tugu diakibatkan kejadian hujan R80. Hasil pemodelan debit Metode *F.J Mock* ini di kalibrasi di komparasikan dengan data debit andalan 80% AWLR sungai Keser. Demikian juga untuk kejadian Debit andalan 50%.

Berikut ini hasil kalibrasi pemodelan *F.J Mock* terhadap debit AWLR Sungai Keser *Inflow* Waduk Bendungan Tugu :

Gambar 11. Perbandingan Debit andalan 80% *FJ Mock* dan AWLR Sungai Keser

Gambar 12. Grafik Nilai Q 80 Periode 10 Harian *F.J. Mock*

Gambar 13. Perbandingan Debit andalan 50% FJ Mock dan AWLR Sungai Keser

Gambar 14. Grafik Nilai Q 50 Periode 10 Harian F.J. Mock

Berdasarkan gambar 11 dan 12 diatas nilai debit andalan 80% kondisi debit normal kering hasil perhitungan dengan metode *F.J.Mock* didapatkan bahwa nilai debit andalan sudah sesuai dengan nilai debit AWLR sungai Keser dan selanjutnya dapat digunakan untuk *inflow* simulasi tampungan waduk Tugu.

Berdasarkan gambar 13 dan 14 diatas nilai debit andalan 80% kondisi debit normal kering hasil perhitungan dengan metode *F.J.Mock* didapatkan bahwa nilai debit andalan sudah sesuai dengan nilai debit AWLR sungai Keser dan selanjutnya dapat digunakan untuk *inflow* simulasi tampungan waduk Tugu.

Simulasi Keberhasilan Layanan Debit Inflow Andalan 80 % FJ Mock

Hasil Simulasi keberhasilan layanan Waduk Bendungan Tugu dengan menggunakan *Inflow* debit Andalan 80% Fj Mock dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4, dimana dari hasil simulasi tersebut diketahui bahwa pola tata tanam alternatif I (padi-padi-padi) tidak memenuhi target keberhasilan layanan dan target luas tanam irigasi.

Simulasi Keberhasilan Layanan Debit Inflow Andalan 50 % FJ Mock

Simulasi keberhasilan layanan Waduk Bendungan Tugu dengan menggunakan pengaliran debit Andalan 50% *F.J. Mock* dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6, dimana dari hasil simulasi tersebut diketahui bahwa pola tata tanam alternatif I (padi-padi-padi) tidak memenuhi target keberhasilan layanan dan target luas tanam irigasi.

Tabel 3. Keberhasilan Layanan Waduk untuk 1200 ha Dengan *Inflow* Debit Andalan 80 %

Alternatif Tanam	Luas Tanam (Ha)	Keberhasilan Layanan Irigasi(%)	Keberhasilan Layanan Air Baku (%)
Padi - Padi - Padi	1200	55%	55%
Padi - Padi - Palawija	1200	100%	100%
Padi - Palawija - paliwaja	1200	100%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. Keberhasilan Layanan Waduk untuk Keberhasilan Layanan 95 % Dengan *Inflow* Debit Andalan 80 %

Alternatif Tanam	Luas Tanam (ha)	Keberhasilan Layanan Irigasi(%)	Keberhasilan Layanan Air Baku (%)
Padi - Padi - Padi	535.6	95%	95%
Padi - Padi - Palawija	1300	95%	95%
Padi - Palawija - paliwaja	4040	95%	95%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 5. Keberhasilan Layanan Waduk Tugu untuk 1200 ha Dengan *Inflow* Debit Andalan 50 %

Alternatif Tanam	Luas Tanam (Ha)	Keberhasilan Layanan Irigasi(%)	Keberhasilan Layanan Air Baku (%)
Padi - Padi - Padi	1200	75%	75%
Padi - Padi - Palawija	1200	100%	100%
Padi - Palawija - paliwaja	1200	100%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 6. Keberhasilan Layanan Waduk Tugu untuk Keberhasilan Layanan 95 % Dengan *Inflow* Debit Andalan 50 %

Alternatif Tanam	Luas Tanam (ha)	Keberhasilan Layanan Irigasi(%)	Keberhasilan Layanan Air Baku (%)
Padi - Padi - Padi	755	95%	95%
Padi - Padi - Palawija	2275	95%	95%
Padi - Palawija - paliwaja	5350	95%	95%

Sumber : Hasil Perhitungan

Simulasi operasi waduk bertujuan untuk meninjau sejauh mana tingkat keandalan atau kegagalan yang terjadi dari perilaku sistem pengoperasian waduk dalam memenuhi kebutuhan pelayanannya (Sudibyo, 2003).

Berdasarkan matrik hasil simulasi pada tabel 7 dan tabel 8 diketahui bahwa Pola tata tanam alternatif I (padi-padi-padi) tidak dapat mencapai luasan 1200 Ha dan target keberhasilan layanan 95% baik dengan inflow debit andalan 80%, 50% maupun inflow debit bangkitan AWLR.

Nilai Benefit Bendungan Tugu

Untuk pemilihan pola tatatanam yang paling baik untuk diterapkan pada layanan Waduk Tugu ini dianalisa nilai keuntungan kedua pola tata tanam terpilih, yaitu Padi-Padi-Palawija dan Padi-palawija-palawija, yang memiliki nilai keuntungan paling besar. Dari tabel 9 dibawah didapatkan bahwa pola tata tanam Padi-Palawija-palawija menghasilkan *benefit* yang lebih besar, namun berdasarkan perkembangan Propinsi Jawa Timur sebagai lumbung padi nasional, maka pola tata tanam padi-padi-palawija merupakan

alternatif pola tata tanam yang direkomendasikan pada waduk Tugu.

Tabel 7. Matrikulasi simulasi keberhasilan Layanan Waduk Tugu untuk Irigasi 1200 Ha

Kondisi Pengaliran Debit Inflow	Pola Tata Tanam					
	Padi-Padi-Padi		Padi-Padi-Palawija		Padi-Palawijaya-Palawija	
	Ha	Keberhasilan	Ha	Keberhasilan	Ha	Keberhasilan
Andalan FJ Mock 50 %	1200.0	75%	1200.0	100%	1200.0	100%
Andalan FJ Mock 80 %	1200.0	55%	1200.0	100%	1200.0	100%
Debit Historis AWLR dan Thomas Fierring	1200.0	80%	1200.0	97%	1200.0	100%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 8. Matrikulasi simulasi keberhasilan Layanan Waduk Tugu untuk keberhasilan layanan 95 %

Kondisi Pengaliran Debit Inflow	Pola Tata Tanam					
	Padi-Padi-Padi		Padi-Padi-Palawija		Padi-Palawijaya-Palawija	
	Ha	Keberhasilan	Ha	Keberhasilan	Ha	Keberhasilan
Andalan FJ Mock 50 %	735.0	95%	2275.0	95%	5350.0	95%
Andalan FJ Mock 80 %	535.6	95%	1300.0	95%	4040.0	95%
Debit Historis AWLR dan Thomas Fierring	619.6	95%	1431.6	95%	4823.6	95%

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 9. Analisa Benefit Waduk Tugu

KONDISI PENGALIRAN INFLOW ANDALAN 80 %						
Pola Tata Tanam	Luas (Ha)	Padi		Palawija		Total Benefit
Padi-Padi-Palawija	1300,00	Rp.	54.353.000.000	Rp.	21.736.000.000,00	Rp. 76.089.000.000,00
Padi-Palawija-Palawija	4040,00	Rp.	84.456.200.000,00	Rp.	135.097.600.000,00	Rp. 219.553.800.000,00
KONDISI PENGALIRAN INFLOW ANDALAN 50 %						
Padi-Padi-Palawija	2275,00	Rp.	95.117.750.000,00	Rp.	38.038.000.000,00	Rp. 133.155.750.000,00
Padi-Palawija-Palawija	5350,00	Rp.	111.841.750.000,00	Rp.	178.904.000.000,00	Rp. 290.745.750.000,00
KONDISI PENGALIRAN INFLOW AWLR DAN BANGKITAN THOMAS FIERING						
Padi-Padi-Palawija	1431,63	Rp.	59.856.450.300,00	Rp.	23.936.853.600,00	Rp. 83.793.303.900,00
Padi-Palawija-Palawija	4823,58	Rp.	100.836.939.900,00	Rp.	161.300.515.200,00	Rp. 262.137.455.100,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 15. Pola Rerata Muka Air Hasil Simulasi Waduk

Rule Curve Operasi Waduk

Berdasarkan gambar 15 diatas, dapat disimpulkan bahwa kondisi muka air waduk hasil simulasi dengan menggunakan inflow debit andalan 50%, 80% dan inflow debit bangkitan AWLR merupakan *rule curve* operasi waduk Tugu, dimana batas atas operasi adalah dengan inflow debit andalan 50%, dan batas bawah adalah dengan inflow debit andalan 80%. Sedangkan operasi normal adalah dengan inflow debit bangkitan AWLR.

KESIMPULAN

Kajian Pola Operasi Waduk Tugu ini dimaksudkan untuk Mendapatkan perbandingan hasil simulasi antara inflow debit andalan dan inflow debit bangkitan AWLR dengan perbandingan hasil benefit atau keuntungan berdasarkan alternatif pola tata tanam. Dengan ditunjang data-data serta berdasarkan analisa sebagaimana telah dijabarkan dan berlandaskan pada rumusan masalah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kebutuhan air layanan Waduk Tugu untuk memenuhi kebutuhan air baku wilayah Desa Nglinggis, desa Pucang Anak, desa Dermosari, desa Winong dan desa Tegaren adalah 31.81lt/det. Kebutuhan Irigasi untuk wilayah irigasi waduk Tugu tiap tahunnya dengan Pola Tata Tanam Padi-Padi-Padi sebesar 18.269 lt/det/ha, Pola Tata Tanam Padi-Padi-Palawija sebesar 7.338 lt/det/ha, dan Pola Tata Tanam Padi-Padi-Palawija-Palawija sebesar 2.597 lt/det/ha.
2. Besaran *Inflow* Debit andalan 80% Waduk Tugu maksimum adalah sebesar 11.56 m³/det, minimum sebesar 0.88 m³/det, dan rerata debit andalan 80% sebesar 12.82 m³/det. Sedangkan besaran *Inflow* Debit andalan 50% Waduk Tugu maksimum adalah sebesar 30.77 m³/det, minimum sebesar 1.15 m³/det, dan rerata debit andalan 50% sebesar 38.10 m³/det dan berdasarkan data AWLR series debit Tahun 1993 hingga Tahun 2014 dan dibangkitkan dengan *Methode Thomas Fiering* hingga Tahun 2020, debit *Inflow* Waduk Tugu maksimum sebesar 59,34 m³/det, minimum sebesar 4,27 m³/det, dan rerata debit sebesar 20,19 m³/det.
3. Berdasarkan simulasi dengan keberhasilan layanan 95% yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Operasi dengan debit inflow Andalan 50 % Waduk Tugu adalah mampu melayani 755 ha dengan Pola Tata Tanam Padi-Padi-Padi, 2275 ha dengan Pola Tata Tanam Padi-Padi-Palawija, dan

melayani 5350 ha dengan Pola Tata Tanam Padi-Palawija-palawija. Operasi dengan debit inflow andalan 80 % Waduk Tugu adalah sebesar 535,6 ha dengan Pola Tata Tanam Padi-Padi-Padi, 1300 ha dengan Pola Tata Tanam Padi-Padi-Palawija, dan melayani 4040 ha dengan Pola Tata Tanam Padi-Palawija-palawija. Operasi dengan debit inflow Bangkitan AWLR Waduk Tugu adalah sebesar 619,6 ha dengan Pola Tata Tanam Padi-Padi-Padi, 1431,6 ha dengan pola Tata Tanam Padi-Padi Palawija, dan melayani 4823,6 ha dengan pola Tata Tanam Padi-Palawija-Palawija.

4. Berdasarkan nilai ekonomi atau keuntungan terbesar sesuai hasil Simulasi dan analisa perhitungan benefit didapatkan operasi dengan inflow debit Andalan 50 % dengan pola Tata Tanam Padi-Palawija-Palawija menghasilkan keuntungan terbesar, namun mengingat Jawa Timur merupakan lumbung padi nasional maka pola Tata Tanam Padi-Padi-Palawija juga dapat diterapkan untuk pola operasi Waduk Tugu.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. 2010, *Detail Desain perencanaan Bendungan Tugu*. Balai Besar wilayah Sungai Brantas.
- Gunawan, G, 2002. *Optimasi Multiwaduk Serial dengan Program Linier dan Simulasi*, Tesis Program Magister Teknik Sipil Konsentrasi Sumber Daya Air Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kodoatie dan Syarief. 2005. *Pengelolaan Sumberdaya Air* (edisi revisi). Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Limantara Montarcih L, 2010. *Hidrologi Praktis*. Penerbit CV. Lubuk Agung Bandung.
- Soedibyo, 2003. *Teknik Bendungan*. PT. Sentra Sarana Abadi, Jakarta
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soetopo Widandi, 2010. *Operasi Waduk Tunggal*. Asrori, Malang.
- Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data*. Nova, Bandung.
- Sosrodarsono Suyono, 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudjarwadi, 1989. *Pola Operasi Pengoperasian Waduk*, PAU IT-UGM, Yogyakarta.