Studi Optimasi Air Irigasi Bendungan Semantok Untuk Memaksimalkan Luas Layanan Irigasi di Kabupaten Nganjuk

Putri Dita Larasati^{1*}, Rini Wahyu Sayekti¹, Widandi Soetopo¹

¹ Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya,
Jalan MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, INDONESIA

*Korespondensi Email: pdlaras@gmail.com

Abstract: Nganjuk district is quite dry with low rainfall distribution however people still rely on rainfed irrigation including 6 irrigation areas which are Weir Rejoso, Margomulyo, Ngomben, Jati, Jatirejo, and Janeng. This problem makes the total cropping intensity for three times planting period of every irrigation area didn't reach 300%. To anticipate this problem, Semantok Dam was built to provide the discharge of irrigation water needs in the amount of 3.23 m³/s for all irrigation areas available in each weir. This study performed optimization with the linear program using solver in Microsoft Excel. The objective function of this model was to optimize the supply provided by the dam and to optimize the potential land area available in the weir irrigation area by the discharge supply and available land area as constraints. In this optimization model, three cropping patterns were planned with a variety of initial planting times for each weir. Based on the optimization result, the selected cropping pattern is the 2nd cropping pattern alternative that starts planting on the 3rd period of December with a total cropping intensity is 300%.

Keywords: Cropping pattern, Irrigation, Linear programming, Optimization, Semantok Dam

Abstrak: Kabupaten nganjuk merupakan daerah kering dengan sistem irigasi teknis namun masih mengandalkan irigasi tadah hujan dimana meliputi 6 daerah irigasi bendung yaitu Bendung Rejoso, Margomulyo, Ngomben, Jati, Jatirejo dan Janeng. Sehingga intensitas tanam total untuk tiga kali masa tanam pada setiap daerah irigasi bendung tidak mencapai 300%. Demi mengantisipasi hal ini maka dibangun Bendungan Semantok guna menyuplai debit kebutuhan irigasi sebesar 3,23 m³/dt untuk keenam daerah irigasi bendung tersebut. Dalam studi ini dilakukan optimasi dengan program linier menggunakan fasilitas solver pada Microsoft Excel. Fungsi tujuan pada model optimasi ini adalah mengoptimalkan debit suplai pada bendungan dan luas potensial yang ada pada 6 daerah irigasi bendung dengan fungsi kendala yaitu debit suplai bendungan dan luas lahan tersedia. Pada model optimasi ini direncanakan tiga alternatif pola tata tanam dengan perbedaan awal tanam untuk masing-masing bendung. Berdasarkan hasil optimasi maka didapat pola tata tanam terpilih adalah alternatif pola tata tanam ke-II dengan awal tanam Bulan Desember periode III dengan intensitas tanam total 300%.

Kata kunci: Bendungan Semantok, Irigasi, Optimasi, Pola tata tanam, Program linier

1. Pendahuluan

Badan Pusat Statistik menyatakan bahwa sektor pertanian adalah salah satu yang memiliki tenaga kerja terbanyak namun tidak didukung dengan upah pekerjaanya [1]. Untuk memperbaiki taraf hidup petani maka diperlukan pembangunan bendungan pada beberapa wilayah Indonesia. Dimana salah satunya di Kabupaten Nganjuk yang merupakan daerah kering yang masih mengandalkan irigasi tadah hujan. Pembangunan Bendungan Semantok dilakukan pada Sungai Semantok yang akan menyuplai 6 bendung meliputi Bendung Rejoso, Margomulyo, Ngomben, Jati, Jatirejo dan Janeng dengan debit suplai irigasi sebesar $3,23 \text{ m}^3/\text{dt}$ untuk lahan seluas $\pm 1825 \text{ ha}$.

Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan optimasi untuk mengoptimalkan suplai air irigasi yang diberikan agar kebutuhan air irigasi terpenuhi dan intensitas tanam meningkat. Penelitian ini ditekankan pada masalah (a) bagaimana intensitas tanam kondisi eksisting; (b) bagaimana neraca air kondisi eksisting; (c) berapa luas tanam paling optimal dari alternatif rencana setelah optimasi; dan (d) bagaimana intensitas tanam dan kondisi kebutuhan air alternatif rencana setelah optimasi serta alternatif yang dipilih. Studi serupa pernah dilakukan oleh Rini Wahyu Sayekti (2010) berlokasi di Dam Jatimlerek Kabupaten Jombang [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memaksimalkan luas layanan irigasi yang tersedia melalui berbagai alternatif pola tata tanam dengan perbedaan awal tanam dengan menerapkan program linier dengan dibantu fasilitas *solver* dari *Microsoft Excel* sehingga diharapkan didapatkan luas tanam paling optimal agar intensitas tanam meningkat.

2. Bahan dan Metode

Lokasi studi berada pada Daerah Irigasi Bendungan Semantok, Kabupaten Nganjuk Provinsi Jawa Timur yang memiliki beberapa bendung dengan areal layanan irigasi di desa-desa yang berada di Kecamatan Rejoso dan Kecamatan Sukomoro. Pada Gambar 1 dijelaskan Daerah Irigasi (D.I) yang direncanakan tersuplai debit dari bendungan adalah D.I Rejoso yang terdiri dari bendung-bendung yang mempunyai areal layanan berbeda (UPTD Wilayah Rejoso), sebagai berikut : D.I Bendung Rejoso Kanan dan Kiri total 465 ha, D.I Bendung Margomulyo 154 ha, D.I Bendung Jatirejo 321 ha (mutasi menjadi 316 ha), D.I Bendung Janeng 254 ha (mutasi menjadi 245 ha), D.I Bendung Jati 227 ha, dan D.I Bendung Ngomben 400 ha dimana tersedia irigasi teknis seluas 122 ha [3].

Gambar 1: Skema Jaringan Irigasi Bendungan Semantok

2.1 Alur Pengerjaan

2.2 Analisis Data Curah Hujan dan Klimatologi

Data curah hujan tahunan selama 15 tahun dari Stasiun Hujan Kedungpingit, Gondang dan Rejoso diuji konsistensinya dengan metode kurva massa ganda [4]. Data curah hujan tahunan tersebut selanjutnya diuji kualitas datanya menggunakan statika sebagai bahan untuk analisis hidrologi [5]. Menentukan tipe iklim daerah studi menggunakan klasifikasi iklim Oldeman [6] untuk mengetahui pola tata tanam yang sesuai. Curah hujan andalan dihitung dengan metode *Harza Engineering Corp International* serta curah hujan efektif dihitung menggunakan metode yang ditetapkan oleh Standar Kriteria Perencanaan Irigasi pada KP 01 [7]. Mencari nilai evapotranspirasi potensial dengan menggunakan Metode Penman Modifikasi [8]. Perhitungan penyiapan lahan digunakan metode *Van de Goor dan Zijlstra* mengacu pada KP-01 [7].

2.3 Analisis Kebutuhan Air Kondisi Eksisting

Menghitung kebutuhan air irigasi pada 6 bendung dengan metode perhitungan mengikuti aturan pada Standar Kriteria Perencanaan Irigasi pada KP-01 [7]. Rumus untuk menghitung kebutuhan air irigasi dijabarkan pada Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$NFR = Etc + P - Reff + WLR \quad \text{Pers. 1}$$

Dengan :

NFR = Netto Field Water Requirement, kebutuhan air bersih di sawah (mm/ hari)

Etc = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

P = perkolasi (mm/hari)

$Reff$ = curah hujan efektif (mm/hari)

WLR = pergantian lapisan air (mm/hari)

$$IR = NFR / e \quad \text{Pers. 2}$$

Dengan :

IR = kebutuhan air irigasi ($m^3/dtk/hari$)

e = efisiensi irigasi keseluruhan

Nilai efisiensi irigasi yang digunakan dalam studi ini mengacu pada Bagian penunjang untuk Standar Perencanaan Irigasi Dep. PU 1986 dalam buku Bardan (2014) [9] adalah sebagai berikut.

1. Efisiensi saluran primer sebesar 90%

2. Efisiensi saluran sekunder sebesar 90%
3. Efisiensi saluran tersier sebesar 80%

Sehingga besar nilai efisiensi total keseluruhan adalah $90\% \times 90\% \times 80\% = 65\%$

Tabel 1: Laju Perkolasi untuk Berbagai Tekstur Tanah (OTCA,1974)

Tekstur Tanah	Perkolasi (mm/hari)
Lempung Berpasir	3 - 6
Lempung	2 - 3
Liat Lempung	1 - 2

Jenis tanah daerah studi adalah lempung lanau maka menurut Wirosoedarmo pada Tabel 1 laju perkolasi berbagai tekstur tanah digunakan nilai perkolasi sebesar 2 mm/hari [10]. Nilai WLR yang digunakan sebesar 50 mm selama 40 hari atau 1,25 mm/hari.

Menurut data yang didapat dari UPTD PSDA Bening Kabupaten Nganjuk, rekap luas area irigasi pada pola tata tanam daerah irigasi bendung ditampilkan pada Tabel 2. Selain itu dibutuhkan juga data rekapitulasi debit pemberian pada tiap bendung kondisi eksisting tahun 2018 untuk perbandingan perhitungan kondisi eksisting [11].

Tabel 2: Rekap Luas Area Irigasi Pola Tata Tanam Daerah Irigasi Bendung

Bendung	Masa Tanam I (ha)		Masa Tanam II (ha)		Masa Tanam III (ha)		Luas Total (ha)
Rejoso	Padi	449	Padi	378	Padi	6	465
	Jagung	16	Kedelai	87	Jagung	459	
Margomulyo	Padi	77	Padi	63	Padi	10	154
	Padi	77	Padi	91	Jagung	144	
Ngomben	Padi	117	Jagung	97	Jagung	92	122
	Jagung	5	Kedelai	25	Kedelai	30	
Jati	Padi	113.5	Padi	212	Kedelai	150	227
	Padi	113.5	Kedelai	15	Jagung	77	
Jatirejo	Padi	296	Padi	281	Kedelai	200	316
	Kedelai	20	Kedelai	35	Jagung	116	
Janeng	Padi	228	Padi	210	Kedelai	155	245
	Kedelai	17	Kedelai	35	Jagung	90	

2.4 Perencanaan Pola Tata Tanam Alternatif

Merencanakan pola tata tanam alternatif dengan variasi awal tanam berdasarkan curah hujan andalan, pola tata tanam kondisi eksisting dan kondisi neraca air kondisi eksisting. Perencanaan pola tata tanam alternatif berdasarkan pada kondisi curah hujan andalan lebih jelas pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.

Gambar 2: Rencana Pola Tata Tanam Alternatif I

Gambar 3: Rencana Pola Tata Tanam Alternatif II

Gambar 4: Rencana Pola Tata Tanam Alternatif III

2.5 Skenario Optimasi

Teknik optimasi terkendala ada bermacam-macam pendekatan, untuk konteks pendekatan sumber daya air umumnya dipakai *Linier Programming* [12]. Perumusan model optimasi dengan program linier menggunakan fasilitas solver pada Microsoft Excel. Program linier dirumuskan dalam variabel putusan

yaitu luas tanam optimal dengan fungsi tujuan volume kebutuhan air maksimum pada persamaan 3 dan sistem kendala debit suplai bendungan dan luas tanam maksimum pada Persamaan 4 dan 5.

Variabel Putusan

x_n = Variabel keputusan (luas tanam per tanaman tiap musim tanam) (ha)

x_{pn} = luas tanam padi (ha)

x_{jn} = luas tanam jagung (ha)

x_{kn} = luas tanam kedelai (ha)

Fungsi Tujuan

$$Z = \sum_{n=1}^n C_{mn} X_{mn} \quad \text{Pers. 3}$$

Sistem Kendala

$$\sum_{n=1}^n a_m x_n \leq b_s \quad \text{Pers. 4}$$

$$\sum_{n=1}^n X_{mn} \leq X_t \quad \text{Pers. 5}$$

2.6 Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif pola tata tanam berdasarkan kondisi intensitas tanam, luas tanam, dan debit kebutuhan air irigasi yang paling optimal dan sesuai untuk debit suplai yang diberikan bendungan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Data Curah Hujan dan Klimatologi

Analisa data curah hujan terdiri dari pengujian konsistensi data dengan metode kurva massa ganda dan pengujian data runtut waktu menggunakan statika hasilnya direkap pada Tabel 3.

Tabel 3: Rekap Hasil Analisa Data Curah Hujan

Jenis Uji	St. Kedungpingit	St. Gondang	St. Rejoso
Kurva Massa Ganda	Konsisten	Tidak Konsisten (Dikoreksi)	Konsisten
Uji Ketiadaan Trend	Tidak Ada Trend	Tidak Ada Trend	Tidak Ada Trend
Uji Stasioner (Uji F dan t)	Varian stabil, data homogen	Varian stabil, data homogen	Varian stabil, data homogen
Uji Persistensi	Data Independent	Data Independent	Data Independent

Menurut klasifikasi iklim Oldeman maka daerah studi tergolong tipe utama tipe C dan subdivisi ke 3. Artinya iklim pada daerah studi termasuk pada tipe C3 dimana setahun hanya dapat satu kali padi dan penanaman palawija yang kedua harus hati-hati jangan jatuh pada bulan kering. Hasil klasifikasi ini digunakan untuk dijadikan dasar untuk perencanaan pola tata tanam baru.

Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penmann Modifikasi menggunakan data klimatologi selama empat tahun dari Stasiun Klimatologi Sawahan maka didapatkan nilai Eto pada Tabel 4.

Tabel 4: Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Evapotranspirasi Potensial

Parameter	Bulan											
	Jan	Febr	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
Eto (mm/hari)	2.49	2.34	2.25	1.61	1.52	1.48	1.56	1.90	2.33	2.62	2.46	2.26
Eto (mm/bulan)	77.25	65.65	69.89	48.42	47.21	44.35	48.45	58.85	69.98	81.21	73.94	70.05

Perhitungan penyiapan lahan untuk padi menggunakan metode Van de Goor dan Zijlstra dalam Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, 1986 dengan hasil dijabarkan pada Tabel 5.

Tabel 5: Rekap Hasil Perhitungan Penyiapan Lahan

Parameter	Bulan											
	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
PL (mm/hari)	12.56	12.46	12.41	12.01	11.95	11.92	11.97	12.18	12.46	12.64	12.54	12.41

3.2 Analisis Kebutuhan Air Kondisi Eksisting

Analisis kebutuhan air irigasi menghasilkan debit total kebutuhan air di intake sesuai dengan aturan pada KP-01 selanjutnya dibandingkan dengan data debit pemberian pada bendung selama setahun untuk mendapatkan persentase kebutuhan air irigasi terpenuhi sebelum mendapat suplai bendungan dipaparkan pada Tabel 6.

Tabel 6: Persentase Kebutuhan Air Irigasi Terpenuhi Sebelum Mendapat Suplai Bendungan

Bendung	Presentase Terpenuhi
Rejoso	72%
Margomulyo	86%
Ngomben	94%
Jati	78%
Jatirejo	58%
Janeng	50%

Dari rekapitulasi bahwa belum 100% dari kebutuhan air irigasi terpenuhi hanya dari air pemberian bendung sehingga diperlukan suplai tambahan dari Bendungan Semantok.

3.3 Analisis Kebutuhan Air Alternatif

Pola tata tanam alternatif direncanakan dengan pola tata tanam padi-padi-palawija dengan palawija berupa jagung dan kedelai. Luas tanam untuk setiap tanamannya disesuaikan dengan luas tersedia setelah mutasi. Alternatif direncanakan menjadi tiga variasi awal tanam yaitu alternatif ke-I dengan awal tanam Bulan November periode II, alternatif ke-II dengan awal tanam Bulan Desember periode III serta alternatif ke-III dengan awal tanam Bulan Januari periode I. Setelah itu dihitung debit kebutuhan air irigasi pada setiap alternatif sesuai dengan Standart Kriteria Perencanaan Irigasi KP-01 maka didapatkan debit kebutuhan irigasi seperti pada Gambar 2.

Gambar 5: Debit Kebutuhan Air Irigasi Seluruh Alternatif Sebelum Optimasi

3.4 Optimasi dengan Program Linier

Proses optimasi dilakukan dengan program linier menggunakan fasilitas solver pada Microsoft Excel dengan model matematika dengan perumusan yang terdiri dari:

a. Variabel Putusan

Variabel keputusannya adalah penentuan luas tanam pada tiap jenis tanaman dalam setiap daerah irigasi suatu bendung.

- X_{P1} = Luasan tanam padi pada Bendung Rejoso (ha)
- X_{J1} = Luasan tanam jagung pada Bendung Rejoso (ha)
- X_{K1} = Luasan tanam kedelai pada Bendung Rejoso (ha)
- X_{P2} = Luasan tanam padi pada Bendung Margomulyo (ha)
- X_{J2} = Luasan tanam jagung pada Bendung Margomulyo (ha)
- X_{K2} = Luasan tanam kedelai pada Bendung Margomulyo (ha)
- X_{P3} = Luasan tanam padi pada Bendung Ngomben (ha)
- X_{J3} = Luasan tanam jagung pada Bendung Ngomben (ha)
- X_{K3} = Luasan tanam kedelai pada Bendung Ngomben (ha)
- X_{P4} = Luasan tanam padi pada Bendung Jati (ha)
- X_{J4} = Luasan tanam jagung pada Bendung Jati (ha)
- X_{K4} = Luasan tanam kedelai pada Bendung Jati (ha)
- X_{P5} = Luasan tanam padi pada Bendung Jatirejo (ha)
- X_{J5} = Luasan tanam jagung pada Bendung Jatirejo (ha)
- X_{K5} = Luasan tanam kedelai pada Bendung Jatirejo (ha)
- X_{P6} = Luasan tanam padi pada Bendung Janeng (ha)
- X_{J6} = Luasan tanam jagung pada Bendung Janeng (ha)
- X_{K6} = Luasan tanam kedelai pada Bendung Janeng (ha)

b. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan yang ingin dicapai adalah memaksimalkan besar volume kebutuhan air dari suplai yang diberikan bendungan dan luas tanaman pada tiap musim tanam pada semua bendung.

Musim Tanam I (Kebutuhan Air Irigasi Maksimum pada Bulan Desember periode II)

$$Z_I = (A_1 \cdot X_{P1} + B_1 \cdot X_{J1} + C_1 \cdot X_{K1}) + (A_2 \cdot X_{P2} + B_2 \cdot X_{J2} + C_2 \cdot X_{K2}) + (A_3 \cdot X_{P3} + B_3 \cdot X_{J3} + C_3 \cdot X_{K3}) + (A_4 \cdot X_{P4} + B_4 \cdot X_{J4} + C_4 \cdot X_{K4}) + (A_5 \cdot X_{P5} + B_5 \cdot X_{J5} + C_5 \cdot X_{K5}) + (A_6 \cdot X_{P6} + B_6 \cdot X_{J6} + C_6 \cdot X_{K6})$$

Musim Tanam II (Kebutuhan Air Irigasi Maksimum pada Bulan Mei periode I)

$$Z_{II} = (A_7 \cdot X_{P7} + B_7 \cdot X_{J7} + C_7 \cdot X_{K7}) + (A_8 \cdot X_{P8} + B_8 \cdot X_{J8} + C_8 \cdot X_{K8}) + (A_9 \cdot X_{P9} + B_9 \cdot X_{J9} + C_9 \cdot X_{K9}) + (A_{10} \cdot X_{P10} + B_{10} \cdot X_{J10} + C_{10} \cdot X_{K10}) + (A_{11} \cdot X_{P11} + B_{11} \cdot X_{J11} + C_{11} \cdot X_{K11}) + (A_{12} \cdot X_{P12} + B_{12} \cdot X_{J12} + C_{12} \cdot X_{K12})$$

Musim Tanam III (Kebutuhan Air Irigasi Maksimum pada Bulan Juli periode III)

$$Z_{III} = (A_{13} \cdot X_{P13} + B_{13} \cdot X_{J13} + C_{13} \cdot X_{K13}) + (A_{14} \cdot X_{P14} + B_{14} \cdot X_{J14} + C_{14} \cdot X_{K14}) + (A_{15} \cdot X_{P15} + B_{15} \cdot X_{J15} + C_{15} \cdot X_{K15}) + (A_{16} \cdot X_{P16} + B_{16} \cdot X_{J16} + C_{16} \cdot X_{K16}) + (A_{17} \cdot X_{P17} + B_{17} \cdot X_{J17} + C_{17} \cdot X_{K17}) + (A_{18} \cdot X_{P18} + B_{18} \cdot X_{J18} + C_{18} \cdot X_{K18})$$

c. Sistem Kendala

Variabel yang menjadi pembatas tujuan utama antara lain luas baku sawah yang tersedia pada tiap bendung dan total ketersediaan air suplai dari bendungan untuk enam bendung yaitu sebesar 3,23 m³/dt.

Luas Lahan

$$X_{P1} + X_{J1} + X_{K1} \leq X_{T1} \text{ (Musim Tanam I)}$$

$$X_{P7} + X_{J7} + X_{K7} \leq X_{T1} \text{ (Musim Tanam II)}$$

$$X_{P13} + X_{J13} + X_{K13} \leq X_{T1} \text{ (Musim Tanam III)}$$

$$X_{T1} = \text{Luas total baku Daeran Irigasi Bendung Rejoso 465 ha}$$

$$X_{P2} + X_{J2} + X_{K2} \leq X_{T2} \text{ (Musim Tanam I)}$$

$$X_{P8} + X_{J8} + X_{K8} \leq X_{T2} \text{ (Musim Tanam II)}$$

$$X_{P14} + X_{J14} + X_{K14} \leq X_{T2} \text{ (Musim Tanam III)}$$

$$X_{T2} = \text{Luas total baku Daeran Irigasi Bendung Margomulyo 154 ha}$$

$$X_{P3} + X_{J3} + X_{K3} \leq X_{T3} \text{ (Musim Tanam I)}$$

$$X_{P9} + X_{J9} + X_{K9} \leq X_{T3} \text{ (Musim Tanam II)}$$

$$X_{P15} + X_{J15} + X_{K15} \leq X_{T3} \text{ (Musim Tanam III)}$$

$$X_{T3} = \text{Luas total baku Daeran Irigasi Bendung Ngomben 400 ha}$$

$$X_{P4} + X_{J4} + X_{K4} \leq X_{T4} \text{ (Musim Tanam I)}$$

$$X_{P10} + X_{J10} + X_{K10} \leq X_{T4} \text{ (Musim Tanam II)}$$

$$X_{P16} + X_{J16} + X_{K16} \leq X_{T4} \text{ (Musim Tanam III)}$$

$$X_{T4} = \text{Luas total baku Daeran Irigasi Bendung Jati 227 ha}$$

$$X_{P5} + X_{J5} + X_{K5} \leq X_{T5} \text{ (Musim Tanam I)}$$

$$X_{P11} + X_{J11} + X_{K11} \leq X_{T5} \text{ (Musim Tanam II)}$$

$$X_{P16} + X_{J16} + X_{K16} \leq X_{T5} \text{ (Musim Tanam III)}$$

$$X_{T5} = \text{Luas total baku Daeran Irigasi Bendung Jatirejo 316 ha}$$

$$X_{P6} + X_{J6} + X_{K6} \leq X_{T6} \text{ (Musim Tanam I)}$$

$$X_{P12} + X_{J12} + X_{K12} \leq X_{T6} \text{ (Musim Tanam II)}$$

$$X_{P18} + X_{J18} + X_{K18} \leq X_{T6} \text{ (Musim Tanam III)}$$

$$X_{T6} = \text{Luas total baku Daeran Irigasi Bendung Janeng 245 ha}$$

$$X_{T1} + X_{T2} + X_{T3} + X_{T4} + X_{T5} + X_{T6} \leq X_{Total}$$

$$X_{Total} = \text{Luas Total seluruh Daerah Irigasi Bendungan Semantok yang tersedia 1807 ha}$$

$$\text{Debit Air Suplai Tersedia (Q}_{suplai}\text{)}$$

$$Q_{suplai} \text{ setiap periode 10 harian untuk seluruh bendung pada Daerah Irigasi Bendungan Semantok sebesar } 3,23 \text{ m}^3/\text{dtk}.$$

$$\sum_{n=1}^6 a_{p1}x_{p1} + a_{j1}x_{j1} + a_{k1}x_{k1} + \dots + a_{pn}x_{pn} + a_{jn}x_{jn} + a_{kn}x_{kn} \leq 3,23 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ (Musim Tanam I)}$$

$$\sum_{n=7}^{12} a_{p7}x_{p7} + a_{j7}x_{j7} + a_{k7}x_{k7} + \dots + a_{pn}x_{pn} + a_{jn}x_{jn} + a_{kn}x_{kn} \leq 3,23 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ (Musim Tanam II)}$$

$$\sum_{n=13}^{18} a_{p13}x_{p13} + a_{j13}x_{j13} + a_{k13}x_{k13} + \dots + a_{pn}x_{pn} + a_{jn}x_{jn} + a_{kn}x_{kn} \leq 3,23 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ (Musim Tanam III)}$$

Setelah merumuskan model matematika untuk optimasi pada setiap alternatif maka selanjutnya dilakukan proses optimasi menggunakan fasilitas Solver pada Microsoft Excel. Hasil optimasi didapatkan luas tanam tiap bendung untuk setiap alternatif ditampilkan pada Tabel 8. Didapatkan pula volume kebutuhan air irigasi maksimum untuk ketiga alternatif ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 7: Luas Tanam Kondisi Alternatif Setelah Proses Optimasi dalam hektar (ha)

Bendung	Alternatif I (ha)				Alternatif II (ha)				Alternatif III (ha)			
	MT I	MT II	MT III	Total	MT I	MT II	MT III	Total	MT I	MT II	MT III	Total
Rejoso	465	465	465	1395	465	465	465	1395	465	465	465	1395
Margomulyo	154	154	154	462	154	154	154	462	154	154	154	462
Ngomben	400	400	400	1200	400	400	400	1200	400	400	400	1200
Jati	227	227	227	681	227	227	227	681	227	227	227	681
Jatirejo	316	316	316	948	316	316	316	948	316	316	316	948
Janeng	237	245	245	727	245	245	245	735	245	245	245	735

Tabel 8: Volume Kebutuhan Air Irigasi Maksimum Untuk Pola Tata Tanam Alternatif ke-I, II dan III

MT	Alternatif I			Alternatif II			Alternatif III		
	Bulan	Periode	Volume Maks (m ³)	Bulan	Periode	Volume Maks (m ³)	Bulan	Periode	Volume Maks (m ³)
I	Des	II	279072.00	Maret	II	169207.19	Maret	II	154744.42
II	Mei	I	110113.10	Juni	II	143394.35	Juni	III	144070.87
III	Juli	III	49324.96	Sept	II	60740.47	Sept	III	58470.72

3.5 Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif akan dilihat dari beberapa aspek antara lain intensitas tanam yang paling tinggi, luas tanam paling optimal dari luas yang tersedia dan penggunaan debit paling tinggi dari suplai yang diberikan bendungan. Perbandingan intensitas tanam pada eksisting dan alternatif yang telah dioptimasi dapat dilihat pada Tabel 10. Perbandingan luas tanam pada eksisting dan alternatif setelah dioptimasi dapat dilihat pada Tabel 11. Sedangkan perbandingan debit kebutuhan air irigasi maksimum pada ketiga alternatif setelah optimasi ditampilkan pada Tabel 12.

Tabel 9: Perbandingan Intensitas Tanam Kondisi Eksisting Dan Alternatif Setelah Proses Optimasi

Bendung	Eksisting				Alternatif I				Alternatif II				Alternatif III			
	MT I	MT II	MT III	Total	MT I	MT II	MT III	Total	MT I	MT II	MT III	Total	MT I	MT II	MT III	Total
Rejoso	100%	51%	99%	249%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%
Margomulyo	100%	41%	94%	234%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%
Ngomben	31%	31%	31%	92%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%
Jati	100%	23%	100%	223%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%
Jatirejo	100%	20%	100%	220%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%
Janeng	100%	26%	100%	226%	97%	100%	100%	297%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	300%

Tabel 10: Perbandingan Luas Tanam Kondisi Eksisting Dan Alternatif Setelah Proses Optimasi dalam hektar (ha)

Bendung	Eksisting (ha)				Alternatif I (ha)				Alternatif II (ha)				Alternatif III (ha)			
	MT I	MT II	MT III	Total	MT I	MT II	MT III	Total	MT I	MT II	MT III	Total	MT I	MT II	MT III	Total
Rejoso	465	236	459	1160	465	465	465	1395	465	465	465	1395	465	465	465	1395
Margomulyo	154	63	144	361	154	154	154	462	154	154	154	462	154	154	154	462
Ngomben	122	122	122	366	400	400	400	1200	400	400	400	1200	400	400	400	1200
Jati	227	53	227	507	227	227	227	681	227	227	227	681	227	227	227	681
Jatirejo	316	62	316	694	316	316	316	948	316	316	316	948	316	316	316	948
Janeng	245	63	245	553	237	245	245	727	245	245	245	735	245	245	245	735

Tabel 11: Perbandingan Debit Kebutuhan Air Irigasi Maksimum Untuk Pola Tata Tanam Alternatif ke-I, II dan III

MT	Alternatif I			Alternatif II			Alternatif III		
	Bulan	Periode	Debit Maks (m ³ /dt)	Bulan	Periode	Debit Maks (m ³ /dt)	Bulan	Periode	Debit Maks (m ³ /dt)
I	Des	II	3.23	Maret	II	1.96	Maret	II	1.79
II	Mei	I	1.27	Juni	II	1.66	Juni	III	1.67
III	Juli	III	0.57	Sept	II	0.70	Sept	III	0.68

Dari ketiga alternatif yang direncanakan besar debit kebutuhan irigasi maksimumnya berselisih lumayan jauh dari suplai irigasi yang diberikan. Hal ini menandakan debit suplai air irigasi yang diberikan terlalu besar sehingga sisa suplai pada setiap periodenya juga cukup besar. Hasil analisa ketiga aspek tersebut maka dapat disimpulkan pola tata tanam alternatif ke-II dengan awal tanam bulan Desember periode III adalah alternatif yang paling sesuai sehingga direkomendasikan dan dianggap paling optimal untuk penggunaan air irigasi suplai dari Bendungan Semantok untuk memaksimalkan luas layanan irigasi pada daerah irigasi Kabupaten Nganjuk.

4. Kesimpulan

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan intensitas tanam kondisi eksisting Bendung Rejoso sebesar 249%, Bendung Margomulyo sebesar 234%, Bendung Ngomben sebesar 92%, Bendung Jati sebesar 223%, Bendung Jatirejo sebesar 220% dan Bendung Janeng sebesar 226%.

Dari analisa kebutuhan air eksisting dibandingkan dengan pemberian air dari bendung maka kondisi neraca air/water balance pada Bendung Rejoso kebutuhan air irigasi terpenuhi 72%, Bendung Margomulyo terpenuhi 86%, Bendung Ngomben terpenuhi 94%, Bendung Jati terpenuhi 78%, Bendung Jatirejo terpenuhi 58% dan Bendung Janeng terpenuhi 50%.

Setelah dilakukan optimasi, total luas tanam paling optimal pada alternatif ke-I (awal tanam November periode II) secara berurutan adalah 1395 ha, 462 ha, 1200 ha, 681 ha, 948 ha, dan 727 ha. Alternatif ke-II (awal tanam Desember periode III) secara berurutan adalah 1395 ha, 462 ha, 1200 ha, 681 ha, 948 ha, dan 735 ha. Serta alternatif ke-III (awal tanam Januari periode I) secara berurutan adalah 1395 ha, 462 ha pada, 1200 ha, 681 ha, 948 ha, dan 735 ha.

Total intensitas tanam setelah optimasi pada alternatif ke-I yaitu seluruh bendung sebesar 300% kecuali Bendung Janeng 297% sedangkan untuk alternatif ke-II dan III seluruhnya telah mencapai 300%. Kondisi kebutuhan air irigasi maksimum pada alternatif ke-I dari masa tanam I,II dan III adalah sebesar 3,23 m³/dt; 1,27 m³/dt; dan 0,57 m³/dt, pada alternatif ke-II sebesar 1,96 m³/dt; 1,66 m³/dt; dan 0,70 m³/dt, serta pada alternatif ke-III sebesar 1,79 m³/dt; 1,67 m³/dt dan 0,68 m³/dt. Maka alternatif yang dipilih adalah alternatif pola tata tanam ke-II dengan pola padi-padi-palawija dimulai awal tanam pada Desember periode III.

4.2. Saran

Suplai yang diberikan bersisa cukup banyak. Sebaiknya suplai yang diberikan bendungan tiap periodenya dikurangi atau dimanfaatkan dengan cara lain. Perlu dilakukan tinjauan lebih lanjut untuk menghitung keuntungan hasil produksi untuk setiap tanaman pada setiap alternatif. Selain itu metode program linier sebaiknya tidak digunakan untuk menganalisa suatu program optimasi yang sangat kompleks. Apabila dilakukan dengan metode lain dengan batasan yang lebih detail akan menampilkan hasil lebih akurat.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih atas akses data dalam studi terkait Bendungan Semantok ini kepada Satuan Kerja Bendungan BBWS Brantas, Konsultan Supervisi PT. Caturbina Guna Persada (JO), PT. Arga Pasca Rencana, dan PT. Wecon serta Juru dari Dinas PU Pengairan Daerah UPTD Kecamatan Gondang Nganjuk.

Daftar Pustaka

- [1] S. P. Sicca, "BPS: Jumlah Penduduk Bekerja Triwulan I 2018 Sebanyak 127,07 Juta," *tirto.id*, 8 Mei 2018. [Online]. Available: <https://tirto.id/bps-jumlah-penduduk-bekerja-triwulan-i-2018-sebanyak-12707-juta-cJ5D>. [Accessed Mei 2019].
- [2] R. W. Sayekti, "Model Optimasi Alternatif Pola Tanam untuk Mendapatkan Luas Tanam dan Keuntungan yang Optimum (Studi Kasus di Dam Jatimlerek, Kabupaten Jombang)," *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 115-126, 2012.
- [3] I. Y. Fakultas Teknologi Pertanian, "Studi Pemanfaatan Air Waduk Semantok Fasilitas Perijinan Rencana Pembangunan Bendungan Semantok," Instiper Yogyakarta, Yogyakarta, 2018.
- [4] L. M. Limantara, *Rekayasa Hidrologi - Edisi Revisi*, Yogyakarta: ANDI, 2018.
- [5] Soewarno, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Bandung: Nova, 1995.
- [6] B. Lakitan, *Dasar-dasar Klimatologi*, Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 1997.
- [7] D. P. Umum, *Standar Perencanaan Irigasi - Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*, Jakarta: Badan Penerbit Departemen, 2013.
- [8] L. M. Limantara, *Hidrologi Praktis*, Bandung: Lubuk Agung, 2010.
- [9] M. Bardan, *Irigasi*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014.
- [10] R. Wirosodarmo, *Dasar-Dasar Irigasi Pertanian*, Malang: Universitas Brawijaya, 1985.
- [11] Bening, UPTD PSDA, "Rekapitulasi Debit Pemberian Bendung," Kabupaten Nganjuk, 2018.
- [12] L. M. Limantara and W. Soetopo, *Pengantar Manajemen Teknik Sumber Daya Air*, Malang: CV Citra Malang, 2009.