

**MODEL OPTIMASI ALTERNATIF POLA TANAM , UNTUK
MENDAPATKAN LUAS TANAM DAN KEUNTUNGAN YANG OPTIMUM
(Studi kasus di Dam Jatimlerek, Kabupaten Jombang)**

Ir. Rini Wahyu sayekti, MS.
Dosen Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. Mayjen Hariyono 167 Malang 65145
E-mail : Rini_wahyus@yahoo.com.

A B S T R A K

Hasil produksi irigasi (panen) dipengaruhi bukan saja oleh banyaknya tingkat pemenuhan kebutuhan air, tetapi juga diantaranya oleh cara pemberian air seperti yang dikemukakan oleh Ahmad et al. (2004), Erdem et al. (2006) dan Khan et al.(2005).

Banyak factor yang mempengaruhi pemberian air yang berlebihan, yaitu salah satunya adalah kurang tepatnya perencanaan penentuan pola tanam (jenis tanaman dan saat tanam) di daerah irigasi. Sehingga dalam rangka pengalokasian dan distribusi air diperlukan. optimasi alokasi air irigasi, baik secara spasial (antar petak) maupun temporal (penjadwalan/ *scheduling*). Salah satu program yang dapat menyelesaikan distribusi air secara optimal adalah dengan Program Linier.

Penelitian ini ditekankan pada bagaimana cara mengoptimalkan debit irigasi dengan mencoba tiga alternatif pola tanam (penentuan luas tanam optimum) dan keuntungan yang didapat dari hasil optimasi ketersediaan debit irigasi

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan pola tanam yang terbaik, sehingga pembagian debit air irigasi yang tersedia di Daerah Irigasi dapat dilakukan secara optimal.

Hasil optimasi debit air di Daerah Irigasi Jatimlerek dengan cara mencoba-coba luas lahan dengan 3 (tiga) alternatif pola tata tanam di dapat bahwa di Daerah Irigasi Jatimlerek ,Pola Tata Tanam alternatif I Padi(185 ha)/ Polowijo (366 ha)/Tebu (15 ha) – Padi(451 ha)/Polowijo(100 ha)/tebu(15 ha)- Padi(40 ha)/Polowijo(400 ha)/tebu (15ha), dengan luas tanam optimum 566 Ha mendapatkan keuntungan maksimum sebesar Rp. 12.563.667.000,00. Dengan demikian , sebaiknya untuk tiap-tiap daerah irigasi selayaknya dilakukan optimasi yaitu dapat mengoptmalkan debit air yang tersedia dengan alternatif polatanam terbaik atau juga luas tanah yang optimum.

A B S T R A C T

The result of irrigation production (harvest) is influenced not only by the many levels of water needs, but also including by way of water as proposed by Ahmad et al. (2004), Erdem et al. (2006) and Khan et al. (2005). Many factors that influence the granting of excessive water, which is one of them is less precise determination of planning cropping patterns (types of plants and planting time) in irrigation areas. So in order allocation and distribution of water, is required. optimizing the allocation of irrigation water, both spatially (between plots) and temporal (*scheduling* / *scheduling*). One program that can be fulfilled in an optimal distribution of water is by Linear Programming. This study focused on how to optimize the flow of irrigation by trying three alternative cropping patterns (determination of optimum planting area) and the

benefits resulting from the optimization availability of irrigation discharge. The purpose of this research is to obtain the best cropping pattern, so that the distribution of available irrigation water discharge in the irrigation area can be performed-optimally.

Results of optimization of water flow in irrigation area Jatimlerek by dabbling land area with 3 (three) alternative cropping patterns in order to that in Jatimlerek Irrigation Area, Cropping Pattern Tata alternative I Rice (185 ha) / Polowijo (366 ha) / Cane (15 ha) - Rice (451 ha) / Polowijo (100 ha) / cane (15 ha) - Rice (40 ha) / Polowijo (400 ha) / cane (15ha), with a planting of 566 ha of optimum maximum benefit Rp. 12,563,667,000.00. Thus, we recommend for each irrigation area should be optimized to mengoptmalkan discharge water that is available in alternative cropping patterns best or optimum amount of land as well.

PENDAHULUAN

Pada daerah irigasi, masalah distribusi air irigasi sering terjadi yaitu apabila besaran debit yang tersedia lebih kecil dari kebutuhan air dilapangan (terutama pada saat musim kemarau). Sehingga penggunaan air irigasi secara efisien sangat diperlukan. Hasil produksi irigasi (panen) dipengaruhi bukan saja oleh banyaknya tingkat pemenuhan kebutuhan air, tetapi juga diantaranya oleh cara pemberian air seperti yang dikemukakan oleh Ahmad et al. (2004), Erdem et al. (2006) dan Khan et al. (2005).

Banyak factor yang mempengaruhi pemberian air yang berlebihan, yaitu salah satunya adalah kurang tepatnya perencanaan penentuan pola tanam (jenis tanaman dan saat tanam) di daerah irigasi. Dalam rangka pengalokasian dan distribusi air tersebut diperlukan optimasi alokasi air irigasi, baik secara spasial (antar petak) maupun temporal (penjadwalan/ *scheduling*). Salah satu program yang dapat menyelesaikan distribusi air secara optimal adalah dengan Program Linier.

Program linier merupakan fungsi matematika yang sederhana, tetapi hasilnya cukup akurat, Efektif jika seluruh variabel dapat diasumsi

deterministik (dapat diprediksi secara tepat). Keterbatasan dari program linier, antara lain tidak dapat menganalisa sistem daerah irigasi yang kompleks, memiliki kesulitan terhadap waktu dan fungsi tak linier.

Penelitian ini ditekankan pada masalah (a) bagaimana penentuan alternatif pola tanam (b) bagaimana keseimbangan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air untuk berbagai alternatif tanam. (c) berapa luas tanam optimum dan keuntungan yang didapat dari hasil neraca air dan dari hasil optimasi, (sebagai pembanding adalah pola tanam yang ada dilokasi studi.)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan air secara optimal di Daerah Irigasi dengan berbagai alternatif pola tanam yang meliputi jenis tanaman dan saat tanam yang tepat pada kondisi musim hujan dan musim kemarau. Manfaat dari studi ini adalah untuk mendapatkan alternatif pola tanam terbaik, sehingga mendapatkan hasil yang optimal. debit air irigasi yang tersedia di Daerah Irigasi

TINJAUAN PUSTAKA

Neraca air adalah faktor utama dalam perhitungan kebutuhan air irigasi dalam suatu daerah irigasi. Dalam perhitungan neraca air, antara

kebutuhan air dan ketersediaan air di pintu pengambilan harus seimbang. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah irigasi akan terpenuhi kebutuhannya, bila debit sungai tidak berlimpah dan kadang – kadang terjadi kekurangan debit, terdapat 3 pilihan yang harus dipertimbangkan (Anonim, 1986 : 108) : luas daerah irigasi dikurangi, melakukan modifikasi dalam pola tata tanam, rotasi teknis atau golongan.

Optimasi irigasi telah menjadi pokok dari penelitian selama paling sedikit empat dekade, tetapi sejauh ini belum ada prosedur optimasi yang sesuai dan sistematis yang digunakan dalam rangka produksi pertanian (English, 2002). Analisa menyeluruh di wilayah pertanian umumnya menerapkan teknik-teknik program matematika (*mathematical programming*) seperti Program Linier dan Program Dinamik. Yaitu pada daerah yang banyak petak dan jenis tanaman, sedangkan jumlah airnya terbatas. (Kumar, D.N., et al. 2006)

Dalam hal yang dimaksud dengan model optimasi adalah penyusunan model suatu sistem yang sesuai dengan keadaan nyata, yang nantinya dapat dirubah ke dalam model matematis dengan pemisahan elemen – elemen pokok agar suatu penyelesaian yang sesuai dengan sasaran atau tujuan pengambilan keputusan dapat tercapai.

Secara mendasar model optimasi dibentuk dengan menggabungkan suatu model kelakuan sistem kuantitatif yang bisa merupakan model simulasi dengan suatu model sistem objektif kuantitatif. Komponen model kelakuan sistem dikenal dengan fungsi kendala dari model optimasi, sedangkan model objektif dibentuk menjadi fungsi objektif (fungsi sasaran) untuk optimasi yang bersangkutan.

Analisis pada studi ini dipakai program linier. Pemilihan ini

didasarkan karena penggunaan program linier memiliki keuntungan sebagai berikut : (a) Metode ini dapat dipakai untuk menyelesaikan sistem dengan perubah dan kendala yang cukup banyak (b) Penggunaan metode ini mudah dan akurat. (c) Fungsi matematikanya sederhana. (d) Hasilnya cukup baik. Sedangkan keterbatasan dari program ini adalah : (a) Tidak dapat menganalisa sistem daerah irigasi yang kompleks. (b) Memiliki kesulitan terhadap aspek stokastik, waktu, dan fungsi tak linier.

Penyelesaian masalah optimasi dengan program linier dimulai dengan menentukan variabel-variabel keputusan yang hendak dicari nilai optimumnya, yang kemudian dibentuk fungsi tujuannya. Kemudian diidentifikasi kendala-kendala yang dihadapi dan dinyatakan secara fungsional, berupa persamaan atau pertidaksamaan. Sesudah pemodelan selesai barulah dilakukan perhitungan atau iterasi untuk mencapai kondisi optimum.

Model matematis yang digunakan untuk mengemukakan suatu permasalahan pemrograman linier dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Anonim, 2000 : 20) :

Fungsi Tujuan :

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

Fungsi Kendala :

1. $a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$
2. $a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$
3. $a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + \dots + a_{3n}X_n \leq b_3$
4. $a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$

dan $X_1 \geq 0 ; X_2 \geq 0 ; \dots ; X_n \geq 0$

Dalam studi ini tujuan yang akan dicapai adalah untuk memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya dalam kaitannya dengan usaha

pertanian untuk setiap periode musim tanam.

Z = fungsi tujuan (keuntungan maksimum hasil pertanian) (Rp), C_n = keuntungan / manfaat bersih irigasi sawah (Rp/Ha), X_n = luas areal irigasi (Ha), untuk $m = 1, 2, 3, \dots, m$, untuk $n = 1, 2, 3, \dots, n$

a_{mn} = volume kebutuhan air irigasi (m^3 /Ha), b_m = volume ketersediaan air (m^3), m = jumlah kendala, n = jumlah variabel keputusan

Penyelesaian program linier yang memiliki jumlah variabel keputusan kurang dari samadengan dua ($n = 2$) maka dapat dipakai secara grafis. Sedangkan untuk persamaan yang memiliki jumlah variabel keputusan lebih dari samadengan dua ($n > 2$), maka penyelesaiannya harus menggunakan cara matematis/analitis.

Untuk sebagian besar permasalahan yang ada khususnya dalam bidang sumberdaya air biasanya memiliki variabel keputusan yang cukup banyak, dan cara penyelesaian yang tepat adalah dengan cara matematis/analitis. Saat ini sudah banyak program-program aplikasi komputer yang dikembangkan berdasarkan metode simpleks yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan program linier. Diantaranya yaitu TORA, QS, QSB, dan lain sebagainya. Dalam studi ini menggunakan perangkat lunak yang ada yaitu fasilitas *Solver* dalam *Microsoft Excel* untuk menyelesaikan permasalahan program linier sesuai dengan permasalahan yang ada dilapangan.

Solver menggunakan *code optimasi non linier Generalized Redveed Gradien (GRG2)* yang dikembangkan oleh *Leon Lasdon* doktor Universitas Texas di Austin, dan *Allan Waren* dari *Cleveland State University*. Pemecahan permasalahan pada *Solver* menggunakan metode

logaritma Simplek dengan batasan pada variabelnya.

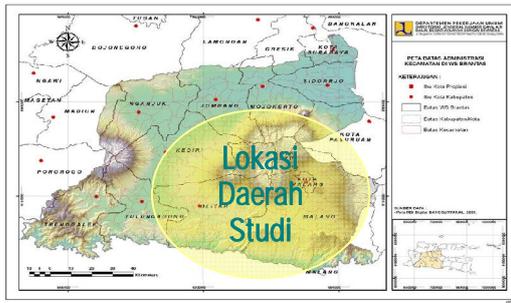
Apabila pada menu *Microsoft Excel* tidak terdapat fasilitas *solver*, maka dapat di instal di *Add-Ins* yang ada di *Microsoft Excel*. Dalam perhitungan dengan *solver* harus memenuhi tiga hal yaitu; target yang ingin dicapai, kendala yang harus dipenuhi, sel yang diubah-ubah isinya untuk ditentukan nilainya agar target dan kendala dipenuhi.

METODE PENELITIAN

1. Daerah Studi

Daerah studi yang dikaji adalah Daerah Irigasi Sekunder Jatimlerek dengan luas baku sawah 576 Ha. Daerah Irigasi Sekunder Jatimlerek merupakan lingkup wilayah Dinas Pengairan Kabupaten Jombang dengan memanfaatkan air Sungai Brantas dari pintu pengambilan di Bendung Jatimlerek di desa Jatimlerek kecamatan Plandan Kabupaten Jombang. Lokasi studi adalah Jaringan Irigasi Jatimlerek saluran sekunder, mempunyai type Jaringan B. Type Jaringan B ialah suatu Jaringan Irigasi yang sumber airnya terkait dengan Jaringan Irigasi lain yang berada dalam satu Balai atau Jaringan Irigasi yang luas layanannya lebih dari satu Kabupaten dan berada dalam satu Balai. (Sumber : Jaringan Irigasi Lintas Dinas O & P).

Kabupaten Jombang terletak pada $112^{\circ}20'01''$ - $112^{\circ}30'01''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}24'01''$ - $7^{\circ}45'01''$ Lintang Selatan. Iklimnya sedang dengan temperature rata – rata $27 - 34^{\circ}$ C, Curah hujan rata – rata tiap tahun 1.625 mm.



Gambar 1. Lokasi Studi

2. Analisis Neraca Air

Analisis neraca air berdasarkan debit air yang tersedia yaitu debit andalan 80 % dan debit kebutuhan yang harus diberikan di daerah irigasi, yaitu dengan Metode kesetimbangan Air (*Water Balanc Method*)

3. Penentuan Model Alternatif Pola tanam

Terdapat 3 alternatif pola tanam yaitu :
Alternatif I : Padi(185 ha)/ Polowijo (366 ha)/Tebu (15 ha) – Padi(451 ha)/Polowijo (100 ha)/tebu (15 ha)-Padi (40 ha)/ Polowijo(400 ha)/ tebu (15ha)

Alternatif II : Padi(561 ha)/Tebu(15 ha) – Padi(449 ha)/ Polowijo (112 ha)/Tebu(15 ha) – Padi(10 ha)/Polowija (551 ha)/ tebu (15ha)

Alternatif III : Padi(400 ha)/ Polowijo (161 ha)/Tebu(15 ha)- Padi(281 ha)/Polowijo(280 ha)/Tebu tebu (15ha)-Palawijo(561 ha)

Dan sebagai pembanding adalah :

Eksisting (kondisi lapangan) : Padi(518 ha)/Tebu(6 ha)- Padi/(449 ha) Polowijo(117ha)/Tebu(6ha) - Palawijo (421 ha)

4. Analisis Manfaat Irigasi

Operasi pemanfaatan potensi air untuk irigasi dapat diartikan sebagai suatu pengaturan debit air guna dibagikan kepada masing-masing petak. Dengan optimasi pemanfaatan potensi air pada suatu periode waktu tertentu akan dapat diperoleh manfaat berupa hasil produksi pertanian.

Manfaat bersih dari hasil produksi pertanian adalah harga jual produksi pertanian dikurangi total biaya yang diperlukan untuk memproduksinya.

5. Analisis Model Matematika

Dalam studi ini akan dianalisa pemecahan dasar dalam program linier untuk mencari kombinasi yang terbaik antara sumber daya serta kendala – kendala yang ada sampai didapatkan manfaat yang sebesar-besarnya.

Model matematika dalam program linier ini dibuat sesuai dengan fungsi tujuan yang ingin dicapai. Perumusan dalam analisa optimasi terdiri atas :

Fungsi Tujuan

Dalam studi ini tujuan yang akan dicapai adalah untuk memperoleh keuntungan yang sebesar – besarnya dalam kaitanya dengan usaha pertanian untuk setiap periode musim tanam. Fungsi tujuan ini merupakan persamaan yang berisi variabel bebas yang akan dioptimumkan dan bentuk fungsinya adalah memaksimalkan keuntungan.

Persamaan untuk fungsi tujuan adalah sebagai berikut :

$$Z = \sum_{n=1}^n C_n X_n$$

Dengan : Z = fungsi tujuan (keuntungan maksimum hasil pertanian) (Rp), C_n = keuntungan / manfaat bersih irigasi sawah (Rp/Ha), X_n = variabel sasaran irigasi (luas areal irigasi) (Ha)

Terdapat 3 fungsi tujuan yaitu :

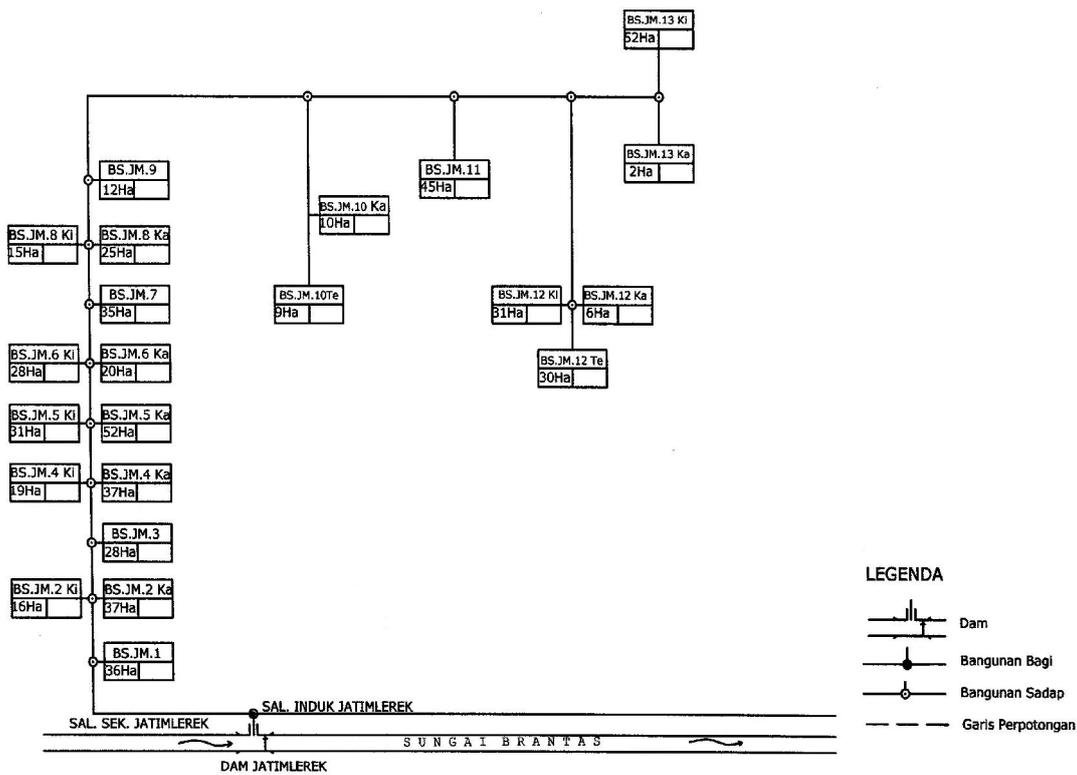
Fungsi tujuan untuk musim tanam I

Fungsi tujuan untuk musim tanam II

Fungsi tujuan untuk musim tanam III

Fungsi Kendala

Fungsi kendala ini merupakan persamaan yang membatasi kegunaan utama dan bentuk fungsi kendala ini adalah besar debit dan luas lahan.



Sumber : Dinas Pengairan Kab. Jombang

Gambar 1. Skema Daerah Irigasi Jatimlerek

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Model Matematika

Model matematika dalam program linier ini dibuat sesuai dengan fungsi tujuan yang ingin dicapai. Perumusan dalam analisa optimasi terdiri atas :

a. Fungsi Tujuan

Dalam studi ini tujuan yang akan dicapai adalah untuk memperoleh keuntungan yang sebesar – besarnya dalam kaitannya dengan usaha pertanian untuk setiap periode musim tanam. Fungsi tujuan ini merupakan persamaan yang berisi variabel bebas yang akan dioptimumkan dan bentuk fungsinya adalah memaksimalkan keuntungan.

musim tanam I :

$$Z = 15.315.000 \left(\sum_{n=1}^{22} X_n \right) + 1.759.500$$

$$\left(\sum_{n=23}^{44} X_n \right) + 45.800.000 \left(\sum_{n=45}^{66} X_n \right)$$

Musim tanam II :

$$Z = 15.315.000 \left(\sum_{n=67}^{88} X_n \right) + 1.759.000$$

$$\left(\sum_{n=89}^{110} X_n \right) + 45.800.000 \left(\sum_{n=111}^{132} X_n \right)$$

musim tanam III :

$$Z = 15.315.000 \left(\sum_{n=133}^{154} X_n \right) + 1.759.000$$

$$\left(\sum_{n=155}^{176} X_n \right) + 45.800.000 \left(\sum_{n=177}^{198} X_n \right)$$

b. Fungsi Kendala

Fungsi kendala ini merupakan persamaan yang membatasi kegunaan utama dan bentuk fungsi kendala ini adalah besar debit dan luas lahan.

Persamaan untuk fungsi kendala berdasarkan:

1. Volume air yang tersedia (Q andalan 80 %) adalah sebagai berikut :

Musim tanam I: $0,298 \times 10^6 \text{ (m}^3\text{)}$

Musim tanam I: $0,394 \times 10^6 \text{ (m}^3\text{)}$

Musim tanam I: $0,245 \times 10^6 \text{ (m}^3\text{)}$

2. Volume kebutuhan air irigasi adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Volume Kebutuhan Air Irigasi di D.I Sekunder Jatimlerek

No	Pola Tanam D.I. Sekunder Jatimlerek	Musim Tanam	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /ha)		
			Padi	Palawija	Tebu
1	PTT Eksisting	I	574,745	0,000	140,568
		II	487,342	221,577	211,823
		III	0,000	507,173	47,122
2	PTT Alternatif I	I	577,281	220,877	140,568
		II	661,892	221,577	211,823
		III	1113,929	507,173	47,122
3	PTT Alternatif II	I	577,281	0,000	140,568
		II	661,892	221,577	211,823
		III	1113,929	507,173	47,122
4	PTT Alternatif III	I	577,281	220,877	140,568
		II	487,342	221,577	211,823
		III	0,000	507,173	47,122

Sumber : Hasil Perhitungan

3. Fungsi Kendala Debit Air Q₈₀ (Q andalan 80%)

Analisa optimasi yang dilakukan dalam studi ini adalah menggunakan debit andalan 80% yang merupakan fungsi kendala.

Pola Tanam Eksisting

$$K1 = (574,745 \times \sum_{n=1}^{22} Xn) + (0 \times \sum_{n=23}^{44} Xn) + (140,568 \times \sum_{n=45}^{66} Xn) \quad 0,298 \times 10^6$$

$$K2 = (487,342 \times \sum_{n=67}^{88} Xn) + (221,577 \times \sum_{n=89}^{110} Xn) + (211,823 \times \sum_{n=111}^{132} Xn) \quad 0,394 \times 10^6$$

$$K3 = (0 \times \sum_{n=133}^{154} Xn) + (507,173 \times \sum_{n=155}^{176} Xn) + (47,122 \times \sum_{n=177}^{198} Xn) \quad 0,245 \times 10^6$$

Pola Tanam Alternatif 1

$$K4 = (577,281 \times \sum_{n=1}^{22} Xn) + (220,877 \times \sum_{n=23}^{44} Xn) + (140,568 \times \sum_{n=45}^{66} Xn) \quad 0,298 \times 10^6$$

$$K5 = (661,892 \times \sum_{n=67}^{88} Xn) + (221,577 \times \sum_{n=89}^{110} Xn) + (211,823 \times \sum_{n=111}^{132} Xn) \quad 0,394 \times 10^6$$

$$K6 = (1113,929 \times \sum_{n=133}^{154} X_n) + (507,173 \times \sum_{n=155}^{176} X_n) + (47,122 \times \sum_{n=177}^{198} X_n) \quad 0,245 \times 10^6$$

Pola Tanam Alternatif II

$$K7 = (577,281 \times \sum_{n=1}^{22} X_n) + (0 \times \sum_{n=23}^{44} X_n) + (140,568 \times \sum_{n=45}^{66} X_n) \quad 0,298 \times 10^6$$

$$K8 = (661,892 \times \sum_{n=67}^{88} X_n) + (221,577 \times \sum_{n=89}^{110} X_n) + (211,823 \times \sum_{n=111}^{132} X_n) \quad 0,394 \times 10^6$$

$$K9 = (1113,929 \times \sum_{n=133}^{154} X_n) + (507,173 \times \sum_{n=155}^{176} X_n) + (47,122 \times \sum_{n=177}^{198} X_n) \quad 0,245 \times 10^6$$

Pola Tanam Alternatif III

Fungsi Kendala Luas Tanam

K13	=	X ₁	+	X ₂₃	+	X ₄₅	36
K14	=	X ₂	+	X ₂₄	+	X ₄₆	37
K15	=	X ₃	+	X ₂₅	+	X ₄₇	16
K16	=	X ₄	+	X ₂₆	+	X ₄₈	38
K17	=	X ₅	+	X ₂₇	+	X ₄₉	37
K18	=	X ₆	+	X ₂₈	+	X ₅₀	19
K19	=	X ₇	+	X ₂₉	+	X ₅₁	52
K20	=	X ₈	+	X ₃₀	+	X ₅₂	31
K21	=	X ₉	+	X ₃₁	+	X ₅₃	20
K22	=	X ₁₀	+	X ₃₂	+	X ₅₄	18
K23	=	X ₁₁	+	X ₃₃	+	X ₅₅	35
K24	=	X ₁₂	+	X ₃₄	+	X ₅₆	25
K25	=	X ₁₃	+	X ₃₅	+	X ₅₇	15
K26	=	X ₁₄	+	X ₃₆	+	X ₅₈	12
K27	=	X ₁₅	+	X ₃₇	+	X ₅₉	10
K28	=	X ₁₆	+	X ₃₈	+	X ₆₀	9
K29	=	X ₁₇	+	X ₃₉	+	X ₆₁	45
K30	=	X ₁₈	+	X ₄₀	+	X ₆₂	6
K31	=	X ₁₉	+	X ₄₁	+	X ₆₃	31
K32	=	X ₂₀	+	X ₄₂	+	X ₆₄	30
K33	=	X ₂₁	+	X ₄₃	+	X ₆₅	2
K34	=	X ₂₂	+	X ₄₄	+	X ₆₆	52

$$K10 = (577,281 \times \sum_{n=1}^{22} X_n) + (220,877 \times \sum_{n=23}^{44} X_n) + (140,568 \times \sum_{n=111}^{132} X_n) \quad 0,298 \times 10^6$$

$$K11 = (487,342 \times \sum_{n=67}^{88} X_n) + (221,577 \times \sum_{n=89}^{110} X_n) + (211,823 \times \sum_{n=111}^{132} X_n) \quad 0,394 \times 10^6$$

$$K12 = (0 \times \sum_{n=133}^{154} X_n) + (507,173 \times \sum_{n=155}^{176} X_n) + (47,122 \times \sum_{n=177}^{198} X_n) \quad 0,245 \times 10^6$$

K35	=	X ₆₇	+	X ₈₉	+	X ₁₁₁	36
K36	=	X ₆₈	+	X ₉₀	+	X ₁₁₂	37
K37	=	X ₆₉	+	X ₉₁	+	X ₁₁₃	16
K38	=	X ₇₀	+	X ₉₂	+	X ₁₁₄	38
K39	=	X ₇₁	+	X ₉₃	+	X ₁₁₅	37
K40	=	X ₇₂	+	X ₉₄	+	X ₁₁₆	19
K41	=	X ₇₃	+	X ₉₅	+	X ₁₁₇	52
K42	=	X ₇₄	+	X ₉₆	+	X ₁₁₈	31
K43	=	X ₇₅	+	X ₉₇	+	X ₁₁₉	20
K44	=	X ₇₆	+	X ₉₈	+	X ₁₂₀	18
K45	=	X ₇₇	+	X ₉₉	+	X ₁₂₁	35
K46	=	X ₇₈	+	X ₁₀₀	+	X ₁₂₂	25
K47	=	X ₇₉	+	X ₁₀₁	+	X ₁₂₃	15
K48	=	X ₈₀	+	X ₁₀₂	+	X ₁₂₄	12
K49	=	X ₈₁	+	X ₁₀₃	+	X ₁₂₅	10
K50	=	X ₈₂	+	X ₁₀₄	+	X ₁₂₆	9
K51	=	X ₈₃	+	X ₁₀₅	+	X ₁₂₇	45
K52	=	X ₈₄	+	X ₁₀₆	+	X ₁₂₈	6
K53	=	X ₈₅	+	X ₁₀₇	+	X ₁₂₉	31
K54	=	X ₈₆	+	X ₁₀₈	+	X ₁₃₀	30
K55	=	X ₈₇	+	X ₁₀₉	+	X ₁₃₁	2
K56	=	X ₈₈	+	X ₁₁₀	+	X ₁₃₂	52

K57	= X ₁₃₃ + X ₁₅₅ + X ₁₇₇	90% x 36		
K58	= X ₁₃₄ + X ₁₅₆ + X ₁₇₈	90% x 37	K67	= X ₁₄₃ + X ₁₆₅ + X ₁₈₇ 90% x 35
K59	= X ₁₃₅ + X ₁₅₇ + X ₁₇₉	90% x 16	K68	= X ₁₄₄ + X ₁₆₆ + X ₁₈₈ 90% x 25
K60	= X ₁₃₆ + X ₁₅₈ + X ₁₈₀	90% x 38	K69	= X ₁₄₅ + X ₁₆₇ + X ₁₈₉ 90% x 15
K61	= X ₁₃₇ + X ₁₅₉ + X ₁₈₁	90% x 37	K70	= X ₁₄₆ + X ₁₆₈ + X ₁₉₀ 90% x 12
K62	= X ₁₃₈ + X ₁₆₀ + X ₁₈₂	90% x 19	K71	= X ₁₄₇ + X ₁₆₉ + X ₁₉₁ 90% x 10
K63	= X ₁₃₉ + X ₁₆₁ + X ₁₈₃	90% x 52	K72	= X ₁₄₈ + X ₁₇₀ + X ₁₉₂ 90% x 9
K64	= X ₁₄₀ + X ₁₆₂ + X ₁₈₄	90% x 31	K74	= X ₁₅₀ + X ₁₇₂ + X ₁₉₄ 90% x 6
K65	= X ₁₄₁ + X ₁₆₃ + X ₁₈₅	90% x 20	K75	= X ₁₅₁ + X ₁₇₃ + X ₁₉₅ 90% x 3
K66	= X ₁₄₂ + X ₁₆₄ + X ₁₈₆	90% x 18	K76	= X ₁₅₂ + X ₁₇₄ + X ₁₉₆ 90% x 30
K67	= X ₁₄₃ + X ₁₆₅ + X ₁₈₇	90% x 35	K78	= X ₁₅₄ + X ₁₇₆ + X ₁₉₈ 90% x 52

K79	= X ₄₅	10% x 36	K91	= X ₅₇	10% x 15
K80	= X ₄₆	10% x 37	K92	= X ₅₈	10% x 12
K81	= X ₄₇	10% x 16	K93	= X ₅₉	10% x 10
K82	= X ₄₈	10% x 38	K94	= X ₆₀	10% x 9
K83	= X ₄₉	10% x 37	K95	= X ₆₁	10% x 45
K84	= X ₅₀	10% x 19	K96	= X ₆₂	10% x 6
K85	= X ₅₁	10% x 52	K97	= X ₆₃	10% x 31
K86	= X ₅₂	10% x 31	K98	= X ₆₄	10% x 30
K87	= X ₅₃	10% x 20	K99	= X ₆₅	10% x 2
K88	= X ₅₄	10% x 18	K100	= X ₆₆	10% x 52
K89	= X ₅₅	10% x 35			
K90	= X ₅₆	10% x 25			

K101	= X ₁₁₁ = X ₄₅		K123	= X ₁₇₇ = 0
K102	= X ₁₁₂ = X ₄₆		K124	= X ₁₇₈ = 0
K103	= X ₁₁₃ = X ₄₇		K125	= X ₁₇₉ = 0
K104	= X ₁₁₄ = X ₄₈		K126	= X ₁₈₀ = 0
K105	= X ₁₁₅ = X ₄₉		K127	= X ₁₈₁ = 0
K106	= X ₁₁₆ = X ₅₀		K128	= X ₁₈₂ = 0
K107	= X ₁₁₇ = X ₅₁		K129	= X ₁₈₃ = 0
K108	= X ₁₁₈ = X ₅₂		K130	= X ₁₈₄ = 0
K109	= X ₁₁₉ = X ₅₃		K131	= X ₁₈₅ = 0
K110	= X ₁₂₀ = X ₅₄		K132	= X ₁₈₆ = 0
K111	= X ₁₂₁ = X ₅₅		K133	= X ₁₈₇ = 0
K112	= X ₁₂₂ = X ₅₆		K134	= X ₁₈₈ = 0
K113	= X ₁₂₃ = X ₅₇		K135	= X ₁₈₉ = 0
K114	= X ₁₂₄ = X ₅₈		K136	= X ₁₉₀ = 0
K115	= X ₁₂₅ = X ₅₉		K137	= X ₁₉₁ = 0
K116	= X ₁₂₆ = X ₆₀		K138	= X ₁₉₂ = 0
K117	= X ₁₂₇ = X ₆₁		K139	= X ₁₉₃ = 0
K118	= X ₁₂₈ = X ₆₂		K140	= X ₁₉₄ = 0
K119	= X ₁₂₉ = X ₆₃		K141	= X ₁₉₅ = 0
K120	= X ₁₃₀ = X ₆₄		K142	= X ₁₉₆ = 0
K121	= X ₁₃₁ = X ₆₅		K143	= X ₁₉₇ = 0
K122	= X ₁₃₂ = X ₆₆		K144	= X ₁₉₈ = 0

Analisa Hasil Optimasi

Berdasarkan hasil optimasi didapat luas tanam optimum dan keuntungan maksimum untuk tiap musim tanam adalah sebagai berikut :

- a. Pada PTT eksisting luas tanam optimum untuk musim tanam I dan musim tanam II yaitu 576 Ha, sedangkan pada musim tanam III luas lahan yang ditanami tidak bisa maksimum karena terjadi kekurangan air atau debit air tidak tersedia. Keuntungan maksimum dari PTT eksisting ini adalah sebesar Rp. 19.182.364.701,35
- b. Pada PTT alternatif I luas tanam optimum untuk musim tanam II yaitu 576 Ha, sedangkan pada musim tanam I dan III luas tanam tidak bisa maksimal karena terjadi kekurangan air atau debit air tidak tersedia. Keuntungan maksimum dari PTT alternatif I ini adalah sebesar Rp. 21.641.540.761,80
- c. Pada PTT alternatif II luas tanam optimum untuk musim tanam I dan II yaitu 576 Ha, sedangkan pada musim tanam III tidak bisa maksimal karena terjadi kekurangan air atau debit tidak tersedia. Keuntungan maksimum dari PTT alternatif II adalah sebesar Rp. 21.669.296.264,69
- d. Pada PTT alternatif III luas tanam optimum untuk musim tanam II yaitu 576 Ha, sedangkan pada musim tanam I dan III tidak bisa maksimal karena terjadi kekurangan air atau debit tidak tersedia. Keuntungan maksimum dari PTT alternatif III adalah sebesar Rp. 19.124.550.928,67

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil studi kasus di Dam jatimlerek dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan perhitungan kebutuhan air irigasi dengan menggunakan neraca air untuk masing – masing empat pola tanam dalam kondisi debit air yang tersedia (Q andalan 80%) dapat diketahui prosentase pemenuhan kebutuhan air yang terbesar. Untuk luas tanam optimum dan keuntungan maksimum dalam tiap periode tanam dengan pola tanam yang terpilih adalah:
 - a. Pola Tata Tanam alternatif I dengan luas tanam optimum 566 Ha dan keuntungan maksimum sebesar Rp. 12.563.667.000,00. Hasil neraca air ini didapatkan dengan cara mencoba-coba luas lahan dan pola tata tanam yang sesuai dengan debit yang tersedia. Setelah mencoba-coba luas lahan optimum yang dapat ditanami berdasarkan neraca air adalah pada PTT alternatif I dengan pemenuhan air irigasi paling banyak yaitu sebesar 55,56%.
 - b. Pemberian Air pada PTT alternatif I menggunakan sistem giliran.
2. Berdasarkan hasil optimasi didapat luas tanam optimum dan keuntungan maksimum untuk tiap musim tanam adalah :
 - a. PTT alternatif II luas tanam optimum untuk musim tanam I dan II yaitu 576 Ha, sedangkan pada musim tanam III tidak bisa maksimal karena terjadi kekurangan air atau debit tidak tersedia. Keuntungan maksimum dari PTT alternatif II adalah sebesar Rp. 21.669.296.264,69 per tahun.
 - b. Hasil optimasi ini lebih besar di bandingkan dengan hasil neraca air dikarenakan hasil ini menggunakan metode program linier (*solver*) yang dimana program tersebut dapat mencari (*merunning*) luas lahan yang optimum sesuai dengan volume debit air yang tersedia selama musim tanam.

Saran

1. Metode optimasi tidak hanya dilakukan dengan alternative pola tanam tetapi dapat juga dikembangkan dengan alternatif luas tanam dan alternatif ketersediaan debit yang terbatas.
2. Metode Program Linier sebaiknya tidak digunakan untuk menganalisa suatu program optimasi yang sangat kompleks. Karena hasil produksi pada setiap blok memiliki produktivitas berbeda. Di dalam solver hasil produksi ditentukan oleh luas lahannya dan mengabaikan faktor kesuburan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M.D., Masih, I., & Turrall, H., 2004, *Diagnostic Analysis of Spatial and Temporal Variations in Crop Water Productivity*, Journal of Applied Irrigation Science, 39(1), 43-63.
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 01)*. Bandung: CV Galang Persada
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan Penunjang)*. Bandung: CV Galang Persada
- Anonim. 1995. *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Edisi-II*. Direktorat Jenderal Pengairan: Departemen Pekerjaan Umum
- Anonim. 1997. *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Edisi-IV*. Direktorat Jenderal Pengairan: Departemen Pekerjaan Umum
- Erdem, T., Erdem, Y., Orta, H., & Okursoy, H., 2006, *Water-Yield Relationships of Potato under Different Irrigation Methods and Regimens*, Journal of Science and Agriculture, 63(3), 226-231.
- <http://peni.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/7498/Linier+Prog.pdf>
- Khan, M.H., & Saleem, N., 2005, *Influence of Different Irrigation Intervals on Growth and Yield of Bell Pepper*, Research Journal of Agriculture and Biological Science, 1(2), 125-128.
- Kumar, D.N., Raju, K.S., & Ashok, B., 2006, *Optimal Reservoir Operation for Irrigation of Multiple Crops Using Genetic Algorithms*, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 132(2), 123-129.
- Soemarto, C.D. 1986. *Hidrologi Teknik Edisi 1*. Surabaya: Usaha Nasional
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita
- Subarkah, Iman. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma