

# STUDI OPTIMASI POLA TATA TANAM UNTUK MEMAKSIMALKAN KEUNTUNGAN HASIL PRODUKSI PERTANIAN DI JARINGAN IRIGASI PRAMBATAN KIRI KECAMATAN BUMIAJI KOTA BATU

Hari Prasetijo, Widandi Soetopo

Dosen Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

## ABSTRAK

Di Jaringan Irigasi Prambatan kiri terjadi kekurangan air pada penerapan pola tata tanam eksisting penyebab utama terjadinya kekurangan air tersebut karena adanya penyimpangan dalam pelaksanaan pola tata tanam yang telah ditetapkan, misalnya pada saat musim kemarau yang seharusnya diperuntukkan untuk tanaman polowijo oleh petani diganti menjadi tanaman padi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa luas tanam dan keuntungan yang diperoleh pada kondisi eksisting dan kondisi setelah dioptimasi, sedangkan manfaatnya adalah sebagai informasi bagi instansi terkait dan petani setempat tentang pola tata tanam yang sesuai dan hasilnya maksimal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah optimasi pola tata tanam dengan program linier dengan menggunakan paket program solver. Hasil optimasi dari beberapa alternatif pola tata tanam yang dicoba dipilih alternatif ke II (Padi/Apel - Padi/Palawija/Apel - Padi/Palawija/Apel), karena diperoleh keuntungan yang paling maksimum

**Kata kunci :** pola tata tanam, pemberian air irigasi, optimasi program linier

## ABSTRACT

*On the left Prambatan Irrigation networking water shortage in the existing condition, this is because of irregularities in the implementation of the cropping pattern that has been established, An example is during the dry season is supposed to polowijo crops by farmers changed to rice plants. The purpose of this research was to know how much acreage and benefit on the existing condition and after the optimized conditions, whereas the benefits of the research are as information for relevant agencies and local farmers on cropping pattern of the appropriate and maximum results. The method used in this research is the optimization of cropping pattern of a linear programming solver using the program package. The results of the optimization of several alternative cropping pattern of the selected alternative is trying to II (Rice / Apples - Rice / Polowijo / Apples - Rice / Polowijo / Apples), as obtained by the maximum benefits.*

**Keyword :** *cropping pattern, provision of irrigation water, linear programming optimization*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Seringkali terjadi penyimpangan dalam pelaksanaan tanam yang

diterapkan tidak sesuai dengan pola tata tanam rencana atau rencana tata tanam detail yang diusulkan. Kasus umumnya sering terjadi di saat mu: kemarau petani lebih suka menanam

padi dari pada tanaman polowijo, sehingga tanaman padi yang ditanam melebihi dari luas yang direncanakan. Kondisi semacam ini tentunya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dari tanaman padi itu sendiri yang pada akhirnya akan menyebabkan hasil produksi yang kurang maksimal. Hal ini akan menyebabkan debit air yang tersedia tidak dapat mencukupi kebutuhan air irigasi dan berakibat pemberian air tidak merata.

### **1.2. Identifikasi Masalah**

Di Jaringan Irigasi Prambatan B (Kiri) yang terletak di kecamatan Bumiaji kota Batu terjadi kekurangan air terutama pada saat kemarau, pola tata tanam di daerah ini adalah padi / palawija / apel - padi / palawija/ apel – palawija/ apel dengan tanaman palawija jenis jagung.

Untuk mengatasi kekurangan air tersebut terutama di saat musim kemarau diperlukan suatu upaya pengaturan pola tata tanam yang sesuai dengan kondisi debit yang ada, sehingga di harapkan dapat diperoleh hasil produksi yang meningkat dari kondisi sebelumnya. Upaya tersebut adalah dengan melakukan optimasi pola tata tanamnya yang dalam penelitian ini digunakan optimasi program linier dengan bantuan paket program solver.

### **1.3. Batasan masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian adalah pada Jaringan Irigasi Prambatan B (Kiri) yang memiliki total luas baku 357 Ha.
2. Pemanfaatan potensi air yang ada untuk kepentingan irigasi.
3. Perhitungan linier diselesaikan dengan menggunakan fasilitas solver yang terdapat pada *MICROSOFT EXCEL*.
4. Analisa optimasi dilakukan pada periode masing-masing musim tanam.

### **1.4. Rumusan Masalah**

1. Berapa luas tanam dan keuntungan yang didapat dari hasil neraca air pada kondisi eksisting ?
2. Bagaimana pola tata tanam yang sesuai dan mendapatkan keuntungan maksimum?
3. Berapa luas tanam dan keuntungan yang diperoleh dari hasil optimasi linier?

### **1.5. Tujuan dan Manfaat**

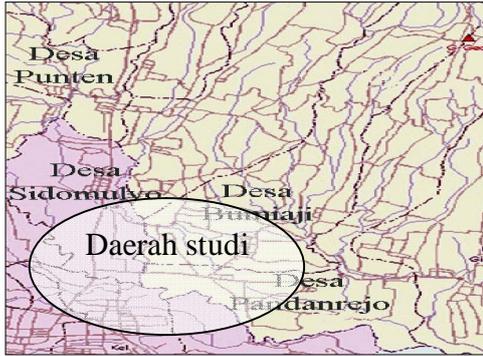
Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui luas tanam dan keuntungan yang didapat dari hasil neraca air pada kondisi eksisting.
2. Mengetahui pola tata tanam dan luas tanam optimum yang dapat dicapai serta keuntungan maksimum yang diperoleh dari hasil optimasi linier.

Manfaat studi adalah sebagai informasi bagi instansi terkait dalam upaya menerapkan pola tata tanam yang sesuai dan mengoptimalkan pembagian air irigasi yang tersedia dengan penerapan program linier.

### **1.6. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian adalah Jaringan Irigasi Prambatan B (Kiri) dengan luas baku sawah 357 ha. Jaringan Irigasi Prambatan B (Kiri) ini tersebar di bebe-rapa desa yaitu Sidomulyo (132 Ha), Bu-miaji (100Ha), Pandanrejo (125 Ha). Ja-ri-ngan Irigasi Prambatan B (Kiri) meru-pakan wewenang Dinas Pengairan dan Bina Marga Kota Batu . Jaringan Irigasi Prambatan adalah merupakan salah satu dari beberapa sistem jaringan irigasi yang ada di Sungai Brantas. Untuk lebih jelasnya Peta lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi daerah Studi

### 1.7. Landasan Teori

Pemberian air irigasi harus sesuai dengan fungsinya, yaitu digunakan untuk mengairi tanaman (peraturan pemerintah No.23 pasal 4 dan 7 tahun 1982 tentang irigasi). Pemberian air irigasi diberikan secara tepat dan efisien sesuai dengan jumlah dan waktu yang diperlukan oleh tanaman agar memperoleh hasil pertanian yang optimal.

Optimasi adalah suatu rancangan dalam pemecahan model-model perencanaan dengan mendasarkan pada fungsi matematika yang membatasi.

Pada penelitian ini digunakan programas linier. Pemilihan ini didasarkan karena penggunaan program linier memiliki keuntungan sebagai berikut :

1. Metode ini dapat dipakai untuk menyelesaikan sistem dengan perubahan dan kendala yang cukup banyak
2. Penggunaan metode ini mudah, selain itu ditunjang oleh banyak paket program yang sudah beredar
3. Fungsi matematikanya sederhana
4. Hasilnya cukup handal

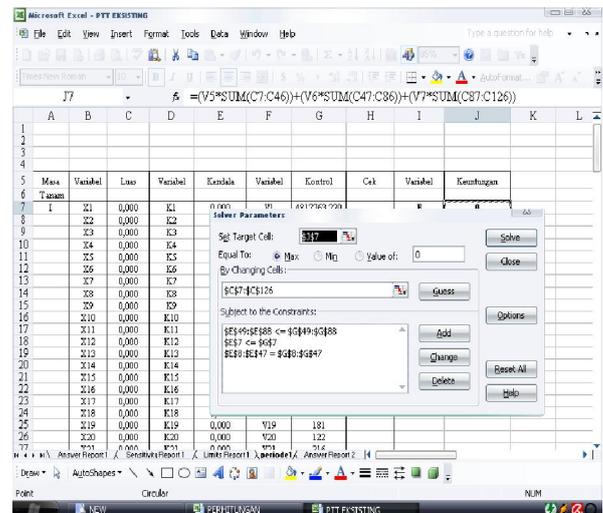
Langkah – langkah di dalam melaksanakan perhitungan programasi linier:

1. Membuat model optimasi
2. Menentukan sumber- sumber yang akan dioptimasi (dalam hal ini air dimanfaatkan untuk irigasi)
3. Menghitung kuantitas masukan dan keluaran untuk setiap satuan kegiatan
4. Penyusunan model matematika

Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak yang ada yaitu fasilitas *Solver*.

*Solver* merupakan fasilitas pencari solusi yang ada dalam perangkat lunak *Microsoft Excel* yang dikembangkan dari metode simplek. 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:

1. Target yang ingin dicapai
2. Kendala yang harus dipenuhi
3. Sel yang diubah-ubah isinya untuk ditentukan nilainya agar target dan kendala dipenuhi.



Gambar 2. Fasilitas Solver dalam Microsoft Excel

Tahap-tahap dalam penggunaan program *solver* yaitu:

1. Tentukan nilai target dan tujuan.
2. Tentukan nilai kendala.
3. Masuk program *Microsoft Excel*.
4. Buat lembar kerja pada *Microsoft Excel*.
5. Pilih *range*.
6. Beri perintah *insert, name, create*.
7. Tandai kotak cek *left coloum*.
8. Pilih ok.
9. Nilai X1, X2, ..., Xn diberi nilai terkaan coba-coba.
10. Tulis rumus tujuan dan kendala.

11. Beri perintah *tools*, *solver*, kotak dialog tampil.
12. Isikan *range target*.
13. Pilih kotak *teks by changing cells*, masuk *range* yang akan diubah.
14. Masukkan nilai kendala, dengan memilih *add*, kotak dialog akan tampil dan akhiri dengan *ok*.
15. Pilih *solver* (tekan *enter*).
16. Setelah melakukan perhitungan sejenak, *Microsoft Excel* akan menampilkan kotak dialog *Solver result* yang memberi tahu bahwa solusi telah ditemukan.
17. Pilih *ok*, selesai (nilai pada X1, X2 dan nilai tujuan akan berubah yang merupakan nilai sosial).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Jenis Metode Penelitian

Jenis metode penelitian dalam kajian ini adalah penelitian deskriptif yang merupakan penelitian kasus dan penelitian lapangan (*case study and field research*).

### 2.2. Data-data yang Diperlukan

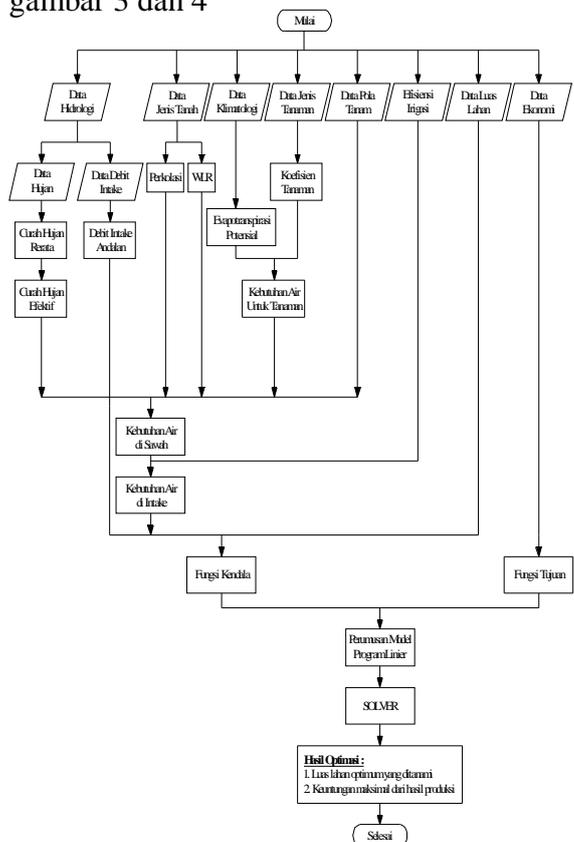
Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan  
Data curah hujan yang dipakai adalah curah hujan sekunder selama 10 tahun terakhir
2. Data Debit  
Data debit yang dipakai adalah data debit intake di Dam Prambatan selama 10 tahun terakhir
3. Data Klimatologi  
Data yang dipakai adalah data suhu, data kelembaban relatif, data kecepatan angin dan data kecerahan matahari.
4. Data Irigasi  
Data ini meliputi luas baku sawah, jenis tanaman.

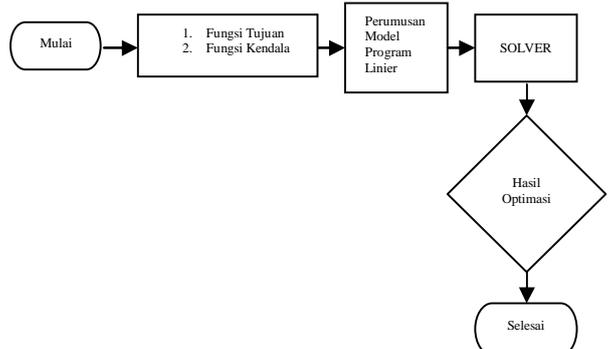
5. Data Jenis Tanah  
Data ini untuk menentukan nilai perkolasi.
6. Data Ekonomi  
Data ini berupa data hasil produksi pertanian dalam rupiah per ha.

### 2.3. Tahapan Penyelesaian Penelitian

Tahapan penyelesaian penelitian dapat diikuti pada diagram alir seperti dalam gambar 3 dan 4



Gambar 3. Diagram Alir Optimasi Program Linier



Gambar 4. Diagram Alir Penyelesaian Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Curah Hujan Andalan

Perhitungan curah hujan andalan dan curah hujan efektif menggunakan metode basic year dengan curah hujan andalan 80% ( $R_{80}$ ) dan curah hujan andalan 50% ( $R_{50}$ ). Hasil perhitungan hujan andalan dapat diikuti pada tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan Andalan

Data Hujan (mm)			Rangking Data			Keterangan
No.	Tahun	CH (mm)	No	Tahun	CH (mm)	
1	2000	2279	1	2006	1362	
2	2001	2012	2	2009	1380	
3	2002	1548	3	2005	1462	$R_{80}$
4	2003	1539	4	2003	1539	
5	2004	1580	5	2002	1548	
6	2005	1462	6	2007	1558	$R_{50}$
7	2006	1362	7	2004	1580	
8	2007	1558	8	2008	1949	
9	2008	1949	9	2001	2012	
10	2009	1380	10	2000	2279	

Sumber : Hasil perhitungan

#### 3.2. Curah hujan efektif

Curah hujan efektif dapat dihitung berdasarkan curah hujan andalan dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2. Perhitungan Curah Hujan Efektif

Bulan	Periode	Reff Padi			Reff Palawija dan Apel	
		R80 (mm)	R80 * 0,7 (mm)	(mm/hari)	R50 (mm)	(mm/hari)
Jan	I	55	38,50	3,85	24,00	2,40
	II	75	52,50	5,25	37,00	3,70
	III	89	62,3	6,23	101,00	10,1
Feb	I	16	11,20	1,12	113,00	11,30
	II	151	105,70	10,57	85,00	8,50
	III	52	36,4	3,64	79,00	7,9
Mar	I	98	68,60	6,86	75,00	7,50
	II	151	105,7	10,57	52,00	5,2
	III	52	36,4	3,64	94,00	9,4
Apr	I	19	13,3	1,33	155,00	15,5
	II	20	21	2,1	74,00	7,40
	III	0	0	0	38,00	3,8
Mei	I	0	0,00	0,00	1,00	0,10
	II	0	0	0	2,00	0,20
	III	0	0	0	6,00	0,6
Jun	I	0	0	0	1,00	0,10
	II	5	3,50	0,35	1,00	0,10
	III	26	18,2	1,82	1,00	0,1
Juli	I	6	4,2	0,42	2,00	0,2
	II	4	2,8	0,28	1,00	0,1
	III	0	0	0	0,00	0
Agust	I	0	0,00	0,00	0,00	0
	II	2	1,40	0,14	0,00	0,00
	III	0	0	0	0,00	0
Sept	I	0	0	0	0,00	0,00
	II	0	0,00	0,00	0,00	0,00
	III	61	42,7	4,27	0,00	0
Okt	I	0	0,00	0,00	18,00	1,8
	II	92	64,4	6,44	0,00	0,00
	III	51	35,7	3,57	24,00	2,4
Nov	I	20	14,00	1,40	148,00	14,80
	II	49	34,30	3,43	2,00	0,20
	III	45	31,5	3,15	12,00	1,2
Des	I	126	88,2	8,82	110,00	11
	II	49	34,3	3,43	47,00	4,7
	III	138	96,6	9,66	255,00	25,5

sumber : Hasil perhitungan

#### 3.3. Evapotranspirasi Potensial

Analisa evapotranspirasi potensial dengan menggunakan metode penman modifikasi dan hasilnya disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Uraian	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
$E_{to} = E_{to}^* \times c$	mm/hari	6,010573	5,381158	4,234018	5,379539	5,527549	4,939646
		Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
		6,091232	5,155955	7,473099	7,215518	5,204887	5,297518

Sumber : Hasil perhitungan

#### 3.4. Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman ditinjau berdasarkan neraca air tergantung dari parameter sebagai berikut :

1. Perkolasi
2. Penyiapan lahan
3. Penggunaan konsumtif tanaman
4. Pergantian lapisan air
5. Curah hujan efektif

#### 3.5. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1986).

Contoh perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan untuk bulan ja-nuari adalah sebagai berikut :

1.  $E_{to} = 6,01057 \text{ mm/ hari}$
2.  $E_o = 1,1 * E_{to}$   
 $= 1,1 * 6,01057$   
 $= 6,61163 \text{ mm/ hari}$
3.  $P = 3 \text{ mm/hari}$
4.  $M = E_o + P$   
 $= 6,61163 + 3$   
 $= 9,61163 \text{ mm/hari}$
5.  $T = 30 \text{ hari}$
6.  $S = 250 \text{ mm}$
7.  $k = M \cdot T / S$   
 $= 6.61163 \cdot 30 / 250$   
 $= 1,9184$
8.  $LP = (Me^k) / (e^k - 1)$

$$= (9,61163 * 2,71828^{1,19184}) / (2,71828^{1,19184} - 1) = 14,6289 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Parameter	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
LP = (Me <sup>1/k</sup> - 1)	mm/hari	14,62977	13,57594	11,65528	13,57323	13,82104	12,89672
		Jul	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
		14,76482	13,19868	17,07848	16,64721	13,28081	13,4359

Sumber: Hasil perhitungan

### 3.6. Pergantian Lapisan Air

Tinggi genangan yang diperlukan dalam pergantian lapisan air sebesar 50 mm selama 1 bulan (30 hari), dan diberikan saat 1 bulan setelah masa transplantasi.

$$WLR = \frac{50 \text{ mm}}{30} = 1,667 \text{ mm/hari}$$

### 3.7. Debit Andalan

Untuk menghitung debit andalan digunakan metode tahun dasar perencanaan (*basic year*).

$$P = \frac{m}{n+1}$$

dengan :

- P = probabilitas (%)
- m = nomor urut data debit
- n = jumlah data debit

Contoh perhitungan untuk tahun pertama:

$$m = 1$$

$$n = 10$$

$$P = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 9,091\%$$

Menghitung nilai probabilitas dengan menggunakan rumus Weibull :

$$P = 80\% \quad n = 10$$

$$80\% = \frac{m}{10+1} \times 100\%$$

$$m = 0,8 \times 11 = 8,8 \approx 9$$

Hasil perhitungan debit andalan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Debit Andalan

No.	Bulan	Periode	Q andalan 80% (m <sup>3</sup> /dt)
1	Jan	I	0,283
2		II	0,283
3		III	0,283
4	Feb	I	0,283
5		II	0,283
6		III	0,283
7	Mar	I	0,265
8		II	0,265
9		III	0,265
10	Apr	I	0,265
11		II	0,229
12		III	0,229
13	May	I	0,229
14		II	0,229
15		III	0,229
16	Jun	I	0,229
17		II	0,229
18		III	0,229
19	Jul	I	0,196
20		II	0,196
21		III	0,196
22	Aug	I	0,196
23		II	0,164
24		III	0,164
25	Sep	I	0,164
26		II	0,164
27		III	0,164
28	Oct	I	0,164
29		II	0,164
30		III	0,164
31	Nov	I	0,164
32		II	0,164
33		III	0,265
34	Dec	I	0,265
35		II	0,265
36		III	0,265

Sumber: Hasil perhitungan

### 3.8. Kebutuhan Air Irigasi

Adapun kondisi pola tata tanam eksisting maupun alternatifnya adalah sebagai berikut ini:

1. Kondisi eksisting :  
Padi/Palawija/Apel -Padi/Palawija/ Apal – Palawija/Apel.
2. Alternatif I :  
Padi/Palawija(Jagung)/Apel - Palawija/ Apal – Padi/Palawija (Jagung)/Apel
3. Alternatif II :  
Padi/Apel - Padi/Palawija (Jagung) /Apel -Padi/Palawija(Jagung)/Apel
4. Alternatif III :  
Palawija/Apel -Padi/Palawija/Apel - Padi/Palawija (Jagung)/Apel

Dari tiap-tiap pola tata tanam kemudian di analisa kebutuhan air irigasinya. Hasil rekapitulasi dari kebutuhan air irigasi dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan Air Irigasi

No	Pola Tanam JJ Perambatan Kiri	Musim Tanam	Kebutuhan Air Irigasi (m <sup>3</sup> /ha)		
			Padi	Palawija	Apel
1	PTT Eksisting	I	552,994	206,384	153,551
		II	657,584	480,153	381,453
		III	0,000	673,308	247,709
2	PTT Alternatif I	I	448,658	206,384	153,551
		II	0,000	480,153	381,453
		III	1130,829	673,308	247,709
3	PTT Alternatif II	I	553,017	0,000	153,551
		II	937,309	602,139	381,453
		III	1265,837	773,555	247,709
4	PTT Alternatif III	I	0,000	206,384	153,551
		II	836,935	480,153	381,453
		III	961,221	673,308	247,709

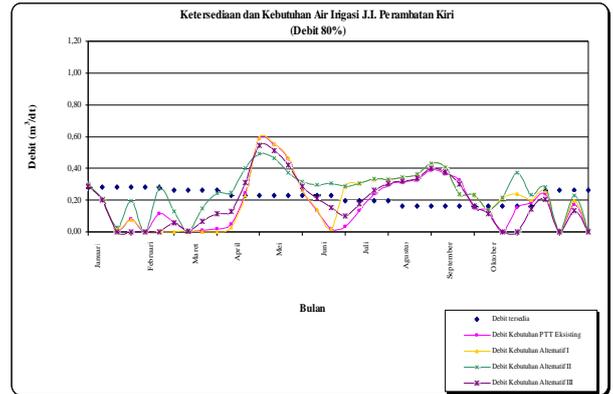
Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil kebutuhan air irigasi tersebut kemudian dibuat neraca airnya yaitu perbandingan antara kebutuhan air irigasi dengan beberapa alternatif dengan debit yang tersedia, dipilih alternatif yang mempunyai kekurangan air paling sedikit. Hasil dari neraca air tersebut dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Neraca Air

Bulan	Periode	Debit Air Maksimum (m <sup>3</sup> /dt)					
		Q tersedia	Q (80%)	PTT Eksisting	PTT Alternatif I	PTT Alternatif II	PTT Alternatif III
Jan	I	0,283	0,226	0,000	0,226	0,000	0,000
	II	0,283	0,226	0,000	0,226	0,000	0,000
	III	0,283	0,226	0,000	0,226	0,000	0,000
Feb	I	0,283	0,226	0,000	0,226	0,000	0,000
	II	0,283	0,226	0,000	0,226	0,000	0,000
	III	0,283	0,226	0,000	0,226	0,000	0,000
Mar	I	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
	II	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
	III	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
Apr	I	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
	II	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
	III	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
Mei	I	0,229	0,182	0,000	0,182	0,000	0,000
	II	0,229	0,182	0,000	0,182	0,000	0,000
	III	0,229	0,182	0,000	0,182	0,000	0,000
Jun	I	0,229	0,182	0,000	0,182	0,000	0,000
	II	0,229	0,182	0,000	0,182	0,000	0,000
	III	0,229	0,182	0,000	0,182	0,000	0,000
Jul	I	0,196	0,150	0,000	0,150	0,000	0,000
	II	0,196	0,150	0,000	0,150	0,000	0,000
	III	0,196	0,150	0,000	0,150	0,000	0,000
Aug	I	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
	II	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
	III	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
Sep	I	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
	II	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
	III	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
Okt	I	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
	II	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
	III	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
Nov	I	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
	II	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
	III	0,164	0,128	0,000	0,128	0,000	0,000
Des	I	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
	II	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
	III	0,265	0,209	0,000	0,209	0,000	0,000
Berdasarkan							
Debit Air		0,48	0,38	0,28	0,28	0,18	0,18
Kebutuhan		1250,29	1250,29	1250,29	1250,29	1250,29	1250,29
Saldo (Kurang)		0,20	0,01				

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 5. Neraca air untuk berbagai alternatif PTT.

### 3.9. Perhitungan Volume Kebutuhan Air Irigasi

Dari hasil neraca air tersebut dihitung volume kebutuhan air irigasi yang didapat dari debit kebutuhan air irigasi dalam satu tahun. Sehingga didapatkan sebagai berikut:

Tabel 8. Volume kebutuhan air irigasi

No.	Bulan	Periode	Q Andalan 80% (m <sup>3</sup> /dt)	Volume Air dari Q Andalan x 10 <sup>6</sup> (m <sup>3</sup> )		
				MT I	MT II	MT III
1	Jan	I	0,283	0,024		
2		II	0,283	0,024		
3		III	0,283	0,024		
4	Feb	I	0,283	0,024		
5		II	0,283	0,024		
6		III	0,283	0,024		
7	Mar	I	0,265	0,0229		
8		II	0,265	0,0229		
9		III	0,265	0,0229		
10	Apr	I	0,265	0,0229		
11		II	0,229	0,0198		
12		III	0,229	0,0198		
13	May	I	0,229	0,0198		
14		II	0,229	0,0198		
15		III	0,229	0,0198		
16	Jun	I	0,229	0,0198		
17		II	0,229	0,0198		
18		III	0,229	0,0198		
19	Jul	I	0,196		0,017	
20		II	0,196		0,017	
21		III	0,196		0,017	
22	Aug	I	0,164		0,017	
23		II	0,164		0,014	
24		III	0,164		0,014	
25	Sep	I	0,164		0,014	
26		II	0,164		0,014	
27		III	0,164		0,014	
28	Okt	I	0,164		0,014	
29		II	0,164		0,014	
30		III	0,164		0,014	
31	Nov	I	0,164	0,014		
32		II	0,164	0,014		
33		III	0,265	0,023		
34	Dec	I	0,265	0,023		
35		II	0,265	0,023		
36		III	0,265	0,023		
Jumlah				0,267	0,250	0,181

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 9. Rekapitulasi debit andalan dan volume air irigasi dalam satu tahun

No	Debit andalan J.J. Perambatan Kiri	Vol. Air dari Qandalan x10 <sup>6</sup> (m <sup>3</sup> )		
		Musim Tanam		
		I	II	III
1	Debit Andalan(Qandalan 80%)	0,267	0,290	0,181

Sumber: Hasil perhitungan

### 3.10. Analisis Model Matematika

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

#### 1. Fungsi Sasaran

Fungsi sasaran ini merupakan persamaan yang berisi variabel bebas yang akan dioptimumkan dan bentuk fungsinya adalah memaksimalkan keuntungan.

Persamaan untuk fungsi sasaran adalah sebagai berikut :

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

dengan :

Z = fungsi tujuan (keuntungan maksimum hasil pertanian) (Rp)

C<sub>n</sub> = keuntungan / manfaat bersih irigasi sawah (Rp/Ha)

X<sub>n</sub> = variabel sasaran irigasi (luas areal irigasi) (Ha)

Persamaan untuk fungsi sasaran dalam tiap – tiap periode dapat ditulis sebagai berikut :

Fungsi sasaran untuk periode I :

$$Z = \text{Rp } 9.387.125,00 \left( \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \text{Rp } 1.871.400,00 \left( \sum_{n=11}^{20} X_n \right) + \text{Rp } 6.710.000,00 \left( \sum_{n=21}^{30} X_n \right)$$

Fungsi sasaran untuk periode II :

$$Z = \text{Rp } 9.387.125,00 \left( \sum_{n=31}^{40} X_n \right) + \text{Rp } 1.871.400,00 \left( \sum_{n=41}^{50} X_n \right) + \text{Rp } 6.710.000,00 \left( \sum_{n=51}^{60} X_n \right)$$

Fungsi sasaran untuk periode III :

$$Z = \text{Rp } 9.387.125,00 \left( \sum_{n=61}^{70} X_n \right) + \text{Rp } 1.871.400,00 \left( \sum_{n=71}^{80} X_n \right) + \text{Rp } 6.710.000,00 \left( \sum_{n=81}^{90} X_n \right)$$

#### 2. 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 yaitu :

#### 1. Fungsi kendala volume air irigasi :

$$K_n = \sum_{n=1}^n a_{mn} X_n \leq b_m$$

Dengan :

K<sub>n</sub> = fungsi kendala volume air irigasi untuk n = 1, 2, 3 dengan n = musim tanam

a<sub>mn</sub> = volume kebutuhan air irigasi (m<sup>3</sup>/Ha)

untuk m = musim tanam

untuk n = jenis tanaman

b<sub>m</sub> = volume ketersediaan air (m<sup>3</sup>) untuk m = musim tanam

x<sub>n</sub> = luas areal irigasi (Ha)

untuk n = jenis tanaman

#### 2. Fungsi kendala luas tanam

$$K_n = X_a + X_b + X_c \leq A_n$$

Dengan :

K<sub>n</sub> = fungsi kendala luas tanam untuk n= 1, 2, 3, ..., n

X<sub>a</sub> = luas lahan padi (Ha)

- Xb = luas lahan palawija (Ha)
- Xc = luas lahan apel (Ha)
- An = luas areal irigasi (Ha)  
untuk n= jenis tanaman

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Fungsi Kendala Volume Air Irigasi

a. Pola Tanam Eksisting	
K1	$= \left( 552,9943 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 206,3838 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 32,9257 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,267 \times 10^6$
K2	$= \left( 657,5836 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 480,1527 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 124,7703 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,250 \times 10^6$
K3	$= \left( 0 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 673,3081 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 247,9796 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,181 \times 10^6$
b. Pola Tanam Alternatif I	
K4	$= \left( 448,658 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 206,384 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 32,926 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,267 \times 10^6$
K5	$= \left( 0 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 480,153 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 381,453 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,250 \times 10^6$
K6	$= \left( 1130,829 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 673,308 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 247,980 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,181 \times 10^6$
c. Pola Tanam Alternatif II	
K7	$= \left( 553,017 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 0 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 32,926 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,267 \times 10^6$
K8	$= \left( 836,935 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 469,221 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 381,453 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,250 \times 10^6$
K9	$= \left( 1130,829 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 673,308 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 247,980 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,181 \times 10^6$
d. Pola Tanam Alternatif III	
K10	$= \left( 553,017 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 119,717 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 32,926 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,267 \times 10^6$
K11	$= \left( 0 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 469,221 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 381,453 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,250 \times 10^6$
K12	$= \left( 1130,829 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 673,308 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) + \left( 247,980 \sum_{n=1}^{10} X_n \right) \leq 0,181 \times 10^6$

sumber : hasil perhitungan

Tabel 11. Fungsi Kendala Luas tata Tanam

Keterangan	Fungsi Kendala Luas Tanam			
Musim Tanam I	K34	=	X <sub>31</sub>	Ha = 7 Ha
	K35	=	X <sub>22</sub>	Ha = 0 Ha
	K36	=	X <sub>23</sub>	Ha = 10 Ha
	K37	=	X <sub>24</sub>	Ha = 9 Ha
	K38	=	X <sub>25</sub>	Ha = 4 Ha
	K39	=	X <sub>26</sub>	Ha = 4 Ha
	K40	=	X <sub>27</sub>	Ha = 11 Ha
	K41	=	X <sub>28</sub>	Ha = 29 Ha
	K42	=	X <sub>29</sub>	Ha = 30 Ha
	K43	=	X <sub>30</sub>	Ha = 20 Ha
Musim Tanam II	K44	=	X <sub>51</sub>	Ha = 7 Ha
	K45	=	X <sub>52</sub>	Ha = 0 Ha
	K46	=	X <sub>53</sub>	Ha = 10 Ha
	K47	=	X <sub>54</sub>	Ha = 9 Ha
	K48	=	X <sub>55</sub>	Ha = 4 Ha
	K49	=	X <sub>56</sub>	Ha = 4 Ha
	K50	=	X <sub>57</sub>	Ha = 11 Ha
	K51	=	X <sub>58</sub>	Ha = 29 Ha
	K52	=	X <sub>59</sub>	Ha = 30 Ha
	K53	=	X <sub>60</sub>	Ha = 20 Ha
Musim Tanam III	K54	=	X <sub>81</sub>	Ha = 7 Ha
	K55	=	X <sub>82</sub>	Ha = 0 Ha
	K56	=	X <sub>83</sub>	Ha = 10 Ha
	K57	=	X <sub>84</sub>	Ha = 9 Ha
	K58	=	X <sub>85</sub>	Ha = 4 Ha
	K59	=	X <sub>86</sub>	Ha = 4 Ha
	K60	=	X <sub>87</sub>	Ha = 11 Ha
	K61	=	X <sub>88</sub>	Ha = 29 Ha
	K62	=	X <sub>89</sub>	Ha = 30 Ha
	K63	=	X <sub>90</sub>	Ha = 20 Ha

Sumber : Hasil perhitungan

### 3.11. Hasil Optimasi

Dari hasil optimasi yang dilakukan dengan empat kondisi debit dan masing – masing empat pola tanam didapatkan hasil yaitu luas la-han optimum yang akan ditanami dan keuntungan maksimum dapat dilihat pada tabel 13, 14 dan 15.

Tabel 12. Luas Lahan Yang Dapat Ditanami ( Hasil Optimasi)

No	Debit Awalan	Musim Tanam	Jenis Tanaman	Luas Lahan				
				PTI Eksisting (Ha)	PTI Alternatif I (Ha)	PTI Alternatif II (Ha)	PTI Alternatif III (Ha)	
1	Eksisting (Q anjuran 20%)	I	Padi	233,700	233,000	233,000	0,000	
			Palawija	0,000	0,000	0,000	233,700	
			Apel	124,200	124,000	124,000	124,200	
			II	Padi	233,700	0,000	233,000	233,700
				Palawija	0,000	233,000	0,000	0,000
				Apel	124,200	124,000	124,000	124,200
		III	Padi	0,000	124,200	124,200	156,445	
			Palawija	233,543	0,000	0,000	0,000	
			Apel	124,200	124,000	124,000	124,200	

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 13. Keuntungan/Manfaat Hasil Produksi (Hasil Optimasi)

No	Debit Andakan	Musim Tanam	Keuntungan/Manfaat				PTT Terpilih
			PTT Eksisting (Rp)	PTT Alternatif I (Rp)	PTT Alternatif II (Rp)	PTT Alternatif III (Rp)	
1	Debitar (Q andakan: 80%)	I	3.019.240.225,00	3.019.240.125,00	3.019.240.125,00	1.268.076.200,00	PTT Alternatif I
		II	3.019.240.225,00	1.268.076.200,00	3.019.240.125,00	3.019.240.125,00	8.118.827.253,05
		III	1.250.003.778,35	2.000.347.000,05	2.000.347.000,05	2.300.511.504,35	
Keuntungan per tahun			7.268.484.028,35	6.367.663.333,05	8.118.827.253,05	6.587.927.929,35	

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 14. Perbandingan Intensitas Tanaman Eksisting dan Optimasi

Musim Tanam	Jenis Tanaman	Luas Tanam				Intensitas Tanaman			
		Eksisting (Ha)	Jumlah (Ha)	Optimasi (Ha)	Jumlah (Ha)	Eksisting (%)	Jumlah (%)	Optimasi (%)	Jumlah (%)
I	Padi	96		233		26,891		65,266	
	Palawija	137	357	0	357	38,375	100	0,000	100
	Apel	124		124		34,734		34,734	
II	Padi	15		0		4,202		0,000	
	Palawija	218	357	233	357	61,064	100	65,266	100
	Apel	124		124		34,734		34,734	
III	Padi	0		133		0,000		37,250	
	Palawija	233	357	0	257	65,266	100	0,000	72
	Apel	124		124		34,734		34,734	

Sumber : Hasil perhitungan

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil neraca air pada kondisi eksisting diperoleh luas lahan yang dapat ditanami sebesar 357 Ha, dengan keuntungan sebesar Rp. 4.630.474.000,- per tahun.
2. Dari hasil optimasi dengan alternatif terpilih PTT II diperoleh luas lahan optimum yang dapat ditanami adalah 257 Ha dengan keuntungan maksimum sebesar Rp. 8.223.475.000,- per tahun.

### 4.2. Saran

1. Untuk aplikasi di lapangan hendaknya berhati hati karena dari hasil optimasi memang diperoleh

keuntungan yang maksimal dibandingkan dengan sebelum optimasi, namun bila ditinjau dari luas lahan yang dapat di tanami terjadi pengurangan sehingga jika pengaturan pemberian airnya tidak merata dikawatirkan akan timbul konflik dari pemilik lahan yang tidak dapat ditanami.

2. Perlu ditanamkan kesadaran petani untuk tidak merubah pola tata tanam yang telah ditetapkan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Dinas SDA dan Bina Marga Kota Batu yang telah memberikan kesempatan untuk mengadakan penelitian. Ucapan terimakasih kepada Agus Ismawan, ST. Atas waktu dan tenaganya sehingga penelitian ini bisa terselesaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (Kriteria Perencanaan 01)*. Bandung: CV Galang Persada
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi (KP Penunjang)*. Bandung: CV Galang Persada
- Anonim. <http://www.solver.com/pricemenu.htm>
- Soemarto, C.D. 1986. *Hidrologi Teknik Edisi 1*. Surabaya: Usaha Nasional
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita
- Suhardjono. 1994. *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang: Institut Teknologi Nasional
- Soetopo, W. dan Limantara, L. M. 2009. *Manajemen Air Lanjut*. Malang: CV Citra