

STUDI OPTIMASI PEMANFAATAN AIR DI DAERAH IRIGASI GAJAHLONGGONG KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER

Zulfan Syadad Madani¹, Eko Noerhayati², Anita Rachmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: zulfanmadani88@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: anita.rahmawati@unisma.ac.id

ABSTRACT

The increasing population in Indonesia has given rise to various things problems include the increasingly complex problem of water availability for meeting water needs. Given these problems, it is necessary good handling or management of water availability. Optimization The use of irrigation water is intended to regulate water discharge in several areas so that at a certain time the maximum benefits can be obtained. Benefits in This is in the form of agricultural production produced by the presence of irrigation water the. The data used in this study are rainfall data, climatology, debit, land area and economic data. Objective The main thing we want to get from this study is how big the maximum profit is which can be obtained based on the area of land that can be planted by utilizing availability of existing debit. Profits obtained by using the method linear program optimization supported by Microsoft's solver facilities excelis Rp. 13,941,3489,000,- for planting season I, Rp. 13,936,954,198,- for second planting season and Rp. 13,941,348,000,- for planting season III.

Keywords: Irrigation Area, Optimization, Linear Programming

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan hal yang paling sangat penting bagi makhluk hidup. Ada jumlah air yang sama di bumi hari ini seperti saat bumi terbentuk. Namun, seiring bertambahnya manusia dan ternak penduduk, kebutuhan akan serat pangan dan pakan ternak semakin meningkat. Akibatnya, sumber daya air semakin menipis dan persaingan untuk mendapatkan air tersedia antar pertanian [1].

Daerah Irigasi Gajahlonggong berada di Kecamatan Turen Kabupaten Malang. Luas total baku sawah Daerah Irigasi yang dilayani sebesar 478 Ha. Pengelola sumber daya air di Daerah Irigasi Gajahlonggong diarahkan pada adanya pengoptimasian pemanfaatan air yang tersedia untuk lahan pertanian yang ada di dalamnya, disamping itu karena ketersediaan air pada musim kemarau yang relatif terbatas

dan tetap, sedangkan kebutuhan yang terus meningkat untuk produktifitas pertanian maka diperlukan penentuan kebijakan atau pengaturan pemanfaatan air.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang di atas dapat ditarik beberapa identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Analisa pemanfaatan air Daerah Irigasi Gajahlonggong yang kurang optimal memiliki luas 478 Ha yang terdapat di Kabupaten Malang.
2. Belum diketahui debit andalan yang ada pada masing – masing embung di wilayah pengaliran Gajahlonggong agar pola tanam dapat disesuaikan dengan debit yang tersedia.
3. Belum diketahui kebutuhan air irigasi untuk masing – masing jenis tanam yaitu padi, palawija, tebu.

4. Belum diketahui optimasi distribusi pemanfaatan air di Daerah Irigasi Gajahlonggong

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis dapat merumuskan masalah yang akan dibahas, yaitu :

1. Berapa debit andalan yang ada pada Jaringan Irigasi Gajahlonggong 10 tahun terakhir ?
2. Berapa besar kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tanam yang diperlukan untuk setiap tanaman ?
3. Berapa luas lahan tanam optimum dan keuntungan maksimal hasil usaha pertanian setelah dilakukan optimasi menggunakan metode *solver*?
4. Berapa besar tinggi bukaan pintu pada Jaringan Irigasi sesuai pola tanam?

1.4 Tujuan Penelitian

Sebagaimana dijelaskan dalam latar belakang di atas, penulis bertujuan :

1. Mengetahui debit andalan pada Jaringan Irigasi Gajahlonggong 10 tahun terakhir
2. Mengetahui besar kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tanam yang diperlukan untuk setiap tanaman.
3. Mengetahui luas lahan tanam optimum dan keuntungan maksimal hasil usaha pertanian setelah dilakukan optimasi menggunakan metode *solver*.
4. Mengetahui besar tinggi bukaan pintu pada Jaringan Irigasi sesuai pola tanam

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan bisa diperoleh dari studi ini adalah :

1. Sebagai rekomendasi perbaikan bagi instansi terkait yang menangani pengelola sumber daya air di Daerah Irigasi Gajahlonggong.
2. Sebagai bahan referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Tidak merencanakan kembali saluran irigasi yang ada.

2. Tidak membahas pemeliharaan saluran irigasi.

3. Tidak membahas kerugian yang disebabkan serangan hama, penyakit pada tanaman, banjir maupun faktor alam lainnya

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengelolaan Sumber Daya Air Regional

Pertumbuhan sumber daya air dalam rangka pemenuhan kebutuhan air mempunyai laju yang sangat cepat seiring dengan cepatnya laju pertumbuhan di segala bidang. Kenyataan menunjukkan bahwa pertumbuhan pemanfaatan tersebut tidak saja mengarah pada pemanfaatan fungsi sosial, namun juga pemanfaatan untuk pemenuhan fungsi ekonomi. Dengan demikian keterpaduan di dalam pengelolaan sumberdaya air perlu dilakukan dan hal ini memerlukan dukungan ketersediaan perangkat keras maupun lunak.

2.2 Optimasi

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. Fungsi kendala dalam suatu analisa optimasi terhadap sumber daya air yang akan di analisa harus dalam keadaan terbatas seperti besarnya debit dan luas lahan untuk musim tanam [2].

2.3 Irigasi

Irigasi merupakan salah satu aspek yang menonjol dalam aspek-aspek pengembangan wilayah sungai. Jadi sebagai aspek yang penting, irigasi memegang peranan yang cukup besar bagi keberhasilan pertanian di negara kita. Irigasi pada hakekatnya adalah upaya pemberian air kepada tanaman dalam bentuk lengas tanah sebanyak keperluan untuk tumbuh dan berkembang [3].

2.4 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data adalah sebuah proses menguji keakuratan data lapangan yang tak terpengaruh kesalahan pada saat pengukuran data tersebut, data tersebut harus benarbenar

merepresentasikan fenomena hidrologi yang terjadi sesungguhnya di lapangan [4].

2.5 Curah Hujan Efektif

Curah Hujan Efektif diartikan sebagai curah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perkolasi dan lain-lain. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung pada jenis tanaman. Curah hujan efektif dapat dihitung berdasarkan data hujan yang tersedia dengan peluang keandalan 80% [5].

2.6 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan dari proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan air melalui tanaman (transpirasi). Evapotranspirasi merupakan faktor dasar untuk menentukan kebutuhan air dalam rencana irigasi dan merupakan proses yang penting dalam siklus hidrologi.

2.7 Debit Andalan

Perhitungan debit andalan dimaksudkan untuk mencari besarnya debit yang tersedia untuk kebutuhan air irigasi dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan dengan kata lain debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk kebutuhan air irigasi dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan [6].

2.8 Pola Tanam

Pola tanam adalah susunan rencana penanaman sebagai jenis tanaman selama satu tahun yang umumnya di Indonesia dikelompokkan ke dalam tiga jenis tanaman yaitu padi, tebu, dan palawija. Umumnya pola tanam mengikuti debit andalan yang tersedia untuk mendapatkan luas tanam yang seluas-luasnya [3].

2.9 Program Linier

Program Linier adalah suatu teknik perencanaan yang bersifat analitis yang analisis-analisisnya memakai model matematika dengan tujuan mendapatkan beberapa kombinasi alternatif pemecahan masalah.

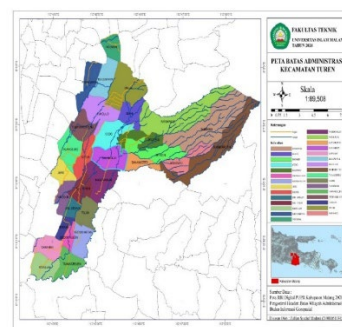
2.10 Solver pada Microsoft Excell

Solver adalah fasilitas didalam program Microsoft Excell pada Windows. Digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Solver digunakan untuk mencari solusi maksimum maupun minimum suatu permasalahan yang kita hadapi tahap-tahap dalam penggunaan program solver yaitu :

1. Tentukan nilai target atau tujuan
2. Tentukan nilai kendala
3. Masukkan program *Microsoft Excell*
4. Buat lembar kerja pada *Microsoft Excell*
5. Pilih *range*
6. Beri perintah *insert, name, create*
7. Tandai kotak cek *left coloum*.
8. Pilih *ok*.
9. Nilai $X_1, X_2, \dots, X_n$ 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 Excell* akan menampilkan kotak dialog *Solver result* yang memberi tahu bahwa solusi telah ditemukan.
17. Pilih *ok*, selesai (nilai pada X_1, X_2 dan nilai tujuan akan berubah yang merupakan nilai solusi).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian



Gambar 1 Lokasi Penelitian

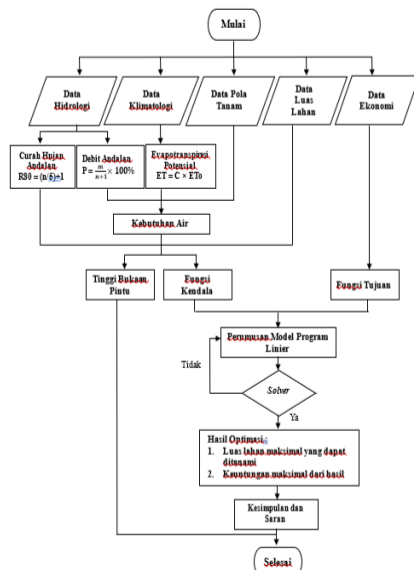
Sumber: Pemerintah Kabupaten Malang, 2024

Daerah lokasi studi adalah Daerah Irigasi Gajahlonggong yang secara administratif terletak di Kabupaten Malang. Daerah Irigasi Gajahlonggong memiliki luas layanan daerah irigasi kurang dari 478 ha yang merupakan wewenang dari pengelola irigasi Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Kabupaten Malang.

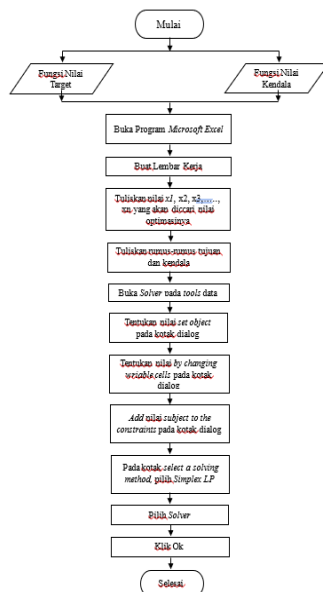
3.2 Diagram Air Penelitian

3.2.1 Tahap Analisa

Tahapan Analisa penelitian dapat dilihat pada bagan alir gambar 1 dan 2.



Gambar 2 Flowchart Penelitian



Gambar 3 Flowchart Penggunaan Program Solver pada Microsoft Excel

4. HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan adalah curah hujan yang kemungkinan terpenuhi dengan peluang kejadian tertentu dan digunakan sebagai data masukan. Besarnya adalah sebesar curah hujan rerata di seluruh daerah yang bersangkutan. Metode yang digunakan untuk perhitungan dalam studi ini menggunakan tahun dasar perencanaan (metode basic year). Berdasarkan Harza Engineering Crop International, curah hujan andalan untuk tanaman padi ditetapkan sebesar 80%, sedangkan untuk tanaman palawija sebesar 50%. Hal tersebut berarti bahwa dari 10 kejadian curah hujan yang direncanakan akan terlampaui sebanyak 8 kali untuk tanaman padi, sedangkan untuk tanaman palawija bahwa dari 10 kejadian curah hujan yang direncanakan tersebut akan terlampaui sebanyak 5 kali. Hasil perhitungan curah hujan andalan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan Curah Hujan Andalan

Data Hujan			Rangking Data			ket
NO	Tahun	CH(mm)	NO	Tahun	CH(mm)	
1	2014	45.59	1	2014	35.73	
2	2015	56.82	2	2019	40.39	
3	2016	91.62	3	2018	47.19	R80
4	2017	53.05	4	2023	48.09	
5	2018	47.19	5	2017	53.05	
6	2019	40.39	6	2015	56.82	R50
7	2020	67.65	7	2020	67.65	
8	2021	74.58	8	2021	74.58	
9	2022	75.00	9	2022	75.00	
10	2023	48.09	10	2016	91.62	

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2 Curah hujan efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang dibutuhkan tanaman untuk proses pertumbuhannya. Curah hujan efektif dapat dihitung berdasarkan curah hujan andalan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Perhitungan Curah Hujan Efektif

No	Bulan	Periode	Σ Hari	R80	R50	Curah Hujan Efektif			
				(mm)	(mm)	Re-Padi	Re-Padi	Re-Palawija	Re-Tebu
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
1	Januari	I	10	255.63	51.67	178.94	17.89	5.17	5.17
		II	10	120.27	103.67	84.19	8.42	10.37	10.37
		III	11	115.63	168.33	80.94	7.36	15.30	15.30
2	Februari	I	10	115.87	188.67	81.11	8.11	18.87	18.87
		II	10	95.57	101.33	66.90	6.69	10.13	10.13
		III	8	83.33	105.33	58.33	7.29	13.17	13.17
3	Maret	I	10	128.33	78.67	89.83	8.98	7.87	7.87
		II	10	72.27	50.67	50.59	5.06	5.07	5.07
		III	11	20.83	180.67	14.58	1.33	16.42	16.42
4	April	I	10	34.50	150.67	24.15	2.42	15.07	15.07
		II	10	36.33	142.67	25.43	2.54	14.27	14.27
		III	10	29.67	93.33	20.77	2.08	9.33	9.33
5	Mei	I	10	1.67	76.00	1.17	0.12	7.60	7.60
		II	10	1.00	6.67	0.70	0.07	0.67	0.67
		III	11	49.33	13.00	34.53	3.14	1.18	1.18

No	Bulan	Periode	Σ Hari	R80	R50	Curah Hujan Efektif			
				(mm)	(mm)	Re-Padi	Re-Padi	Re-Palawija	Re-Tebu
				(mm)	(mm)	(mm)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
6	Juni	I	10	0.00	54.33	0.00	0.00	5.43	5.43
		II	10	3.00	0.00	2.10	0.21	0.00	0.00
		III	10	38.00	0.00	26.60	2.66	0.00	0.00
7	Juli	I	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		II	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		III	11	2.67	0.00	1.87	0.17	0.00	0.00
8	Agustus	I	10	0.33	0.00	0.23	0.02	0.00	0.00
		II	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		III	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	September	I	10	0.33	0.00	0.23	0.02	0.00	0.00
		II	10	8.00	0.00	5.60	0.56	0.00	0.00
		III	10	0.33	0.00	0.23	0.02	0.00	0.00
10	Oktober	I	10	0.00	1.67	0.00	0.00	0.17	0.17
		II	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		III	11	1.00	0.00	0.70	0.06	0.00	0.00
11	November	I	10	109.00	0.00	76.30	7.63	0.00	0.00
		II	10	36.67	81.00	25.67	2.57	8.10	8.10
		III	10	63.00	31.00	44.10	4.41	3.10	3.10
12	Desember	I	10	149.33	122.33	104.53	10.45	12.23	12.23
		II	10	31.33	179.50	21.93	2.19	17.95	17.95
		III	11	95.67	64.50	66.97	6.09	5.86	5.86

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3 Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial di analisa menggunakan metode penman modifikasi dan hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Perhitungan Evapotranspirasi potensial

Uraian	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
ET = C x Eto	mm /hari	5.37 0	5.30 8	4.45 0	3.88 0	4.42 6	4.03 8
		Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
		5.03 1	6.29 2	7.93 8	7.75 4	6.24 1	5.73 6

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4 Kebutuhan Air untuk Pengolahan Lahan

Kebutuhan air dalam pengolahan lahan diperlukan untuk mendukung terciptanya kondisi tanah yang cukup lembab, guna proses persemaiannya tanaman.

Perhitungan kebutuhan air dalam pengolahan lahan pada penelitian ini dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini, yaitu

menggunakan contoh perhitungan bulan januari :

1. $Eto = 1,10 \times ET$
 $= 1,10 \times 5,37$
 $= 5,91 \text{ mm/hr}$
2. $M = Eto + P$
 $= 5,91 + 3$
 $= 8,91 \text{ mm/hr}$
3. Jangka waktu proses pengolahan lahan (T) selama 31 hari
4. $k = (M \times T)/S$
 $= (8,91 \times 31)/250$
 $= 1,1$
5. $IR = \frac{M \times e^k}{e^k - 1}$
 $= \frac{8,91 \times e^{1.3}}{e^{1.3} - 1}$
 $= 13,32 \text{ mm/hari}$

Hasil perhitungan kebutuhan air untuk pegolahan lahan pada bulan berikutnya dapat dilihat pada tabel 4 :

Tabel 4 Kebutuhan Air untuk Pengolahan Lahan

Parameter	Satuan	Bulan					
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
IR	mm /hari	13. 3	14. 1	12. 6	12. 5	12.6	12. 6
		Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
		13. 1	14. 3	15. 5	15. 2	14.2	15. 4

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5 Pergantian Lapisan Air

Penggantian lapisan air dapat dilakukan satu kali, yaitu pada saat tanaman berumur satu bulan setelah pemindahan tanaman, atau setelah transplantasi tanaman. Tinggi lapisan air yang direncanakan adalah sebesar 50 mm selama 30 hari. Perhitungan penggantian lapisan genangan adalah sebagai berikut :

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

4.6 Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah perbandingan antara jumlah air irigasi yang diperlukan tanaman dengan jumlah air yang sampai ke petak sawah atau areal persawahan. Nilai efisiensi irigasi dapat dilihat pada tabel 5:

Tabel 5 Efisiensi Irigasi

Saluran	Efisiensi Irigasi
Primer	75 – 80
Sekunder	65 – 75
Tersier	50 – 65
Total Keseluruhan	60

Sumber : Anonim, 1997 : IV-22

4.7 Debit Andalan

Dalam perhitungan debit andalan digunakan metode tahun dasar perencanaan (basic year). Contoh perhitungan untuk tahun pertama :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

- Tahun ke 8

Diketahui :

$$m = 8, \quad n = 10$$

$$P = \frac{8}{10+1} \times 100\% = 72,727\%$$

- Tahun ke 9

Diketahui :

$$m = 9, \quad n = 10$$

$$P = \frac{9}{10+1} \times 100\% = 81,818\%$$

Hasil perhitungan debit andalan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Probabilitas Debit Andalan 80%

Bulan	Periode	Q Th 2014	Q Th 2023	Q Andalan
		m ³ /dt	m ³ /dt	m ³ /dt
Jan	I	0,744	0,723	0,740
	II	0,744	0,723	0,740
	III	0,177	0,723	0,286
Feb	I	0,674	0,723	0,684
	II	0,630	0,740	0,652
	III	0,157	0,195	0,165
Mar	I	0,630	0,723	0,649
	II	0,630	0,507	0,605
	III	0,202	0,211	0,04
Apr	I	0,630	0,549	0,614
	II	0,630	0,309	0,566
	III	0,202	0,206	0,203
May	I	0,630	0,397	0,583
	II	0,630	0,397	0,583
	III	0,202	0,163	0,194
Jun	I	0,541	0,409	0,515
	II	0,573	0,410	0,540
	III	0,144	0,076	0,130
Jul	I	0,463	0,410	0,452
	II	0,463	0,410	0,452
	III	0,101	0,080	0,097
Aug	I	0,463	0,410	0,452
	II	0,410	0,410	0,410
	III	0,100	0,088	0,098
Sep	I	0,353	0,386	0,360
	II	0,326	0,559	0,373
	III	0,123	0,071	0,113
Oct	I	0,424	0,437	0,427
	II	0,424	0,476	0,434
	III	0,101	0,083	0,097
Nov	I	0,459	0,459	0,459
	II	0,459	0,459	0,459
	III	0,149	0,120	0,143
Dec	I	0,459	0,445	0,456
	II	0,459	0,641	0,495
	III	0,202	0,163	0,194

Sumber: Hasil Perhitungan

4.8 Rekapitulasi Kebutuhan Air Irigasi

Dari pola tata tanam eksisting yang sudah dianalisa kebutuhan air irigasinya, didapatkan volume kebutuhan air irigasi untuk tiap – tiap musim tanam. Hasil rekapitulasi dari analisa perhitungan kebutuhan air dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7 Kebutuhan Air Irigasi

No	Pola Tanam	Periode /Masa Tanam	Volume Air (M3/Ha)		
			Padi	Palawija	Tebu
1	PTT Eksisting	I	5165.721	132.055	665.244
		II	12975.079	1583.468	4097.103
		III	21857.347	8017.198	11501.840
2	PTT Alternatif I	I	5726.700	0.000	900.056
		II	10449.540	1471.394	4226.507
		III	2395.168	8042.976	0.000
3	PTT Alternatif II	I	5644.698	0.000	1289.382
		II	10449.540	1169.285	4580.535
		III	2285.832	7597.763	0.000
4	PTT Alternatif III	I	5644.698	0.000	900.056
		II	10449.540	1471.394	4226.507
		III	2395.168	8042.976	11527.618

Sumber: Hasil Perhitungan

4.9 Analisa Model Matematika

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

1. Fungsi sasaran

Fungsi sasaran adalah persamaan yang berisi variabel bebas yang akan dioptimumkan. Bentuk fungsinya 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) Perumusan fungsi sasaran dalam tiap-tiap periode dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8 Model Fungsi Sasaran

Fungsi Tujuan Periode I	
$Z = 29166000 \left(\sum_{n=1}^2 X_n \right) + 22760000 \left(\sum_{n=3}^2 X_n \right) + 21620000 \left(\sum_{n=5}^2 X_n \right)$	
Fungsi Tujuan Periode II	
$Z = 29166000 \left(\sum_{n=7}^2 X_n \right) + 22760000 \left(\sum_{n=9}^2 X_n \right) + 21620000 \left(\sum_{n=11}^2 X_n \right)$	
Fungsi Tujuan Periode III	
$Z = 29166000 \left(\sum_{n=13}^2 X_n \right) + 22760000 \left(\sum_{n=15}^2 X_n \right) + 21620000 \left(\sum_{n=17}^2 X_n \right)$	

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Fungsi kendala

Fungsi Kendala adalah persamaan yang membatasi kegunaan utama. Fungsi kendala dalam studi ini dapat dilihat pada tabel 9 dan 10 :

Tabel 9 Fungsi kendala volume air irigasi

1	Pola Tanam Eksisting
$K1 = (7901,801 \sum_{n=1}^2 Xn) + (800,507 \sum_{n=3}^2 Xn) + (2580,429 \sum_{n=5}^2 Xn) \leq 4,9887 \times 10^6$	
$K2 = (15443,321 \sum_{n=1}^2 Xn) + (2426,193 \sum_{n=9}^2 Xn) + (6993,096 \sum_{n=11}^2 Xn) \leq 4,3523 \times 10^6$	
$K3 = (28807,303 \sum_{n=13}^2 Xn) + (10867,442 \sum_{n=15}^2 Xn) + (15969,207 \sum_{n=17}^2 Xn) \leq 3,2642 \times 10^6$	
2	Pola Tanam Alternatif 1
$K4 = (6372,333 \sum_{n=1}^2 Xn) + (0,000 \sum_{n=3}^2 Xn) + 1363,305 \sum_{n=5}^2 Xn \leq 4,9887 \times 10^6$	
$K5 = (14987,808 \sum_{n=7}^2 Xn) + (3422,267 \sum_{n=9}^2 Xn) + (8719,050 \sum_{n=11}^2 Xn) \leq 4,3523 \times 10^6$	
$K6 = (2395,168 \sum_{n=13}^2 Xn) + (14503,611 \sum_{n=15}^2 Xn) + (0,000 \sum_{n=17}^2 Xn) \leq 3,2642 \times 10^6$	
3	Pola Tanam Alternatif II
$K7 = (6290,331 \sum_{n=1}^2 Xn) + (0,000 \sum_{n=3}^2 Xn) + (2178,066 \sum_{n=5}^2 Xn) \leq 4,9887 \times 10^6$	
$K8 = (14987,808 \sum_{n=7}^2 Xn) + (2873,958 \sum_{n=9}^2 Xn) + (9554,089 \sum_{n=11}^2 Xn) \leq 4,3523 \times 10^6$	
$K9 = (2285,832 \sum_{n=13}^2 Xn) + (13712,716 \sum_{n=15}^2 Xn) + (0,000 \sum_{n=17}^2 Xn) \leq 3,2642 \times 10^6$	
4	Pola Tanam Alternatif III
$K10 = (6290,331 \sum_{n=1}^2 Xn) + (0,000 \sum_{n=3}^2 Xn) + 1363,305 \sum_{n=5}^2 Xn \leq 4,9887 \times 10^6$	
$K11 = (14987,808 \sum_{n=7}^2 Xn) + (3422,267 \sum_{n=9}^2 Xn) + (8719,050 \sum_{n=11}^2 Xn) \leq 4,3523 \times 10^6$	
$K12 = (2395,168 \sum_{n=13}^2 Xn) + (14503,611 \sum_{n=15}^2 Xn) + (20749,203 \sum_{n=17}^2 Xn) \leq 3,2642 \times 10^6$	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 10 Fungsi kendala luas tanam

Keterangan	Fungsi kendala Luas Tanam
Musim Tanam I	K13 → $X1 + X9 + X17 \leq 67 \text{ Ha}$
	K14 → $X2 + X10 + X18 \leq 77 \text{ Ha}$
	K15 → $X3 + X11 + X19 \leq 80 \text{ Ha}$
	K16 → $X4 + X12 + X20 \leq 61 \text{ Ha}$
	K17 → $X5 + X13 + X21 \leq 38 \text{ Ha}$
	K18 → $X6 + X14 + X22 \leq 43 \text{ Ha}$
	K19 → $X7 + X15 + X23 \leq 54 \text{ Ha}$
	K20 → $X8 + X16 + X24 \leq 58 \text{ Ha}$
Musim Tanam II	K21 → $X25 + X33 + X41 \leq 67 \text{ Ha}$
	K22 → $X26 + X34 + X42 \leq 77 \text{ Ha}$
	K23 → $X27 + X35 + X43 \leq 80 \text{ Ha}$
	K24 → $X28 + X36 + X44 \leq 61 \text{ Ha}$
	K25 → $X29 + X37 + X45 \leq 38 \text{ Ha}$
	K26 → $X30 + X38 + X46 \leq 43 \text{ Ha}$
	K27 → $X31 + X39 + X47 \leq 54 \text{ Ha}$
	K28 → $X32 + X40 + X48 \leq 58 \text{ Ha}$
Musim Tanam III	K29 → $X49 + X57 + X65 \leq 67 \text{ Ha}$
	K30 → $X50 + X58 + X66 \leq 77 \text{ Ha}$
	K31 → $X51 + X59 + X67 \leq 80 \text{ Ha}$
	K32 → $X52 + X60 + X68 \leq 61 \text{ Ha}$
	K33 → $X53 + X61 + X69 \leq 38 \text{ Ha}$
	K44 → $X54 + X62 + X70 \leq 43 \text{ Ha}$
	K45 → $X55 + X63 + X71 \leq 54 \text{ Ha}$

$K46 \rightarrow X56 + X64 + X72 \leq 58 \text{ Ha}$

Sumber: Hasil Perhitungan

4.10 Hasil Optimasi

Dari hasil optimasi yang dilakukan didapatkan pada pola tanam eksisting didapatkan hasil berupa luas lahan optimum yang dapat ditanami dan keuntungan maksimum. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 11 dan 12 sebagai berikut :

Tabel 11 Manfaat Hasil Produksi (sebelum dan sesudah optimasi)

Musim	Keuntungan	
	PPT Eksisting	PTT Alternatif I
I	Rp 13,941,348,000.00	Rp 13,941,348,000.00
II	Rp 12,901,153,802.42	Rp 13,936,954,198.48
III	Rp 9,266,695,766.65	Rp 13,941,348,000.00
Keuntungan	Rp 36,109,197,569.07	Rp 41,819,650,198.48

Sumber: Hasil Perhitungan

4.11 Tinggi Bukaam Pintu

Besarnya tinggi bukaam pintu tergantung pada besarnya volume air yang dibutuhkan tanaman dalam satu musim tanam, dan hasil perhitungan besarnya tinggi bukaam pintu untuk tiap – tiap musim tanam dapat dilihat pada tabel 13, 14 dan 15 berikut ini :

Tabel 12 Tinggi Bukaam Pintu Musim Tanam I

Nama Saluran	h (m)
GL Ki	0.140
GL Ka	0.155
GL Ki	0.157
GL Ka	0.135
GL Ki	0.095
GL Ka	0.105
GL Ki	0.122
GL Ka	0.125

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 13 Tinggi Bukaam Pintu Musim Tanam II

Nama Saluran	h (m)
GL Ki	0.212
GL Ka	0.235
GL Ki	0.242
GL Ka	0.200
GL Ki	0.148
GL Ka	0.158
GL Ki	0.185

GL Ka	0.195
-------	-------

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 14 Tinggi Bukaam Pintu Musim Tanam III

Nama Saluran	h (m)
GL Ki	0.232
GL Ka	0.255
GL Ki	0.263
GL Ka	0.218
GL Ki	0.158
GL Ka	0.170
GL Ki	0.200
GL Ka	0.210

Sumber: Hasil Perhitungan

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil optimasi dan Analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit andalan yang tersedia pada Daerah Irigasi Gajah Longgong adalah :
 - Besar debit andalan tertinggi di daerah irigasi Gajah Longgong Sebesar 0,740 m³/dt dan debit terendah adalah sebesar 0,040 m³/dt.
2. Besar kebutuhan air irigasi berdasarkan pola tanam yang diperlukan untuk setiap tanaman adalah :
 - Musim tanam I : Padi 5225,577 lt/dt/ha, Palawija 132,055 lt/dt/ha , Tebu 665,244 lt/dt/ha
 - Musim tanam II : Padi 129975,079 lt/dt/ha, Palawija 1583,468 lt/dt/ha, Tebu 4097,103 lt/dt/ha
 - Musim tanam III : Padi 21937,155 lt/dt/ha, Palawija 8017,198 lt/dt/ha, Tebu 11501,840 lt/dt/ha
3. a. Luas lahan tanam optimum
 - Musim tanam I Gajah Longgong :
 - Padi = 382,4 ha
 - Palawija = 47,8 ha
 - Tebu = 47,8 ha
 - Musim tanam II Gajah Longgong :
 - Padi = 286,8 ha
 - Palawija = 143,4 ha
 - Tebu = 47,8 ha
 - Musim tanam III Gajah Longgong :
 - Padi = 191,2 ha

Palawija = 239 ha

Tebu = 47,8 ha

b. Keuntungan maksimum yang didapat dari

hasil optimasi program linier adalah:

Pola Tata Tanam Eksisting

= Rp. 36.109.197.569,07

Pola Tata Tanam Alternatif I

= Rp. 41.819.650.198,48

Pola Tata Tanam Alternatif II

= Rp. 16.725.366.833,98

Pola Tata Tanam Alternatif III

= Rp. 38,539.614.198,48

4. Besar tinggi bukaam pintu pada jaringan irigasi sesuai pola tanam adalah :

- Musim tanam I :

Saluran GI Ki = 0,140 m

Saluran GI Ka = 0,155 m

Saluran GI Ki = 0,157 m

Saluran GI Ka = 0,135 m

Saluran GI Ki = 0,095 m

Saluran GI Ka = 0,105 m

Saluran GI Ki = 0,122 m

Saluran GI Ka = 0,125 m

- Musim tanam II :

Saluran GI Ki = 0,212 m

Saluran GI Ka = 0,235 m

Saluran GI Ki = 0,242 m

Saluran GI Ka = 0,200 m

Saluran GI Ki = 0,148 m

Saluran GI Ka = 0,158 m

Saluran GI Ki = 0,185 m

Saluran GI Ka = 0,195 m

- Musim tanam III :

Saluran GI Ki = 0,232 m

Saluran GI Ka = 0,255 m

Saluran GI Ki = 0,263 m

Saluran GI Ka = 0,218 m

Saluran GI Ki = 0,158 m

Saluran GI Ka = 0,170 m

Saluran GI Ki = 0,200 m

Saluran GI Ka = 0,210 m

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukannya studi banding hasil optimasi metode solver dengan metode sistem dinamik.
2. Untuk melakukan penerapan di lapangan, sebaiknya melakukan perhitungan kerugian

yang disebabkan oleh serangan hama, banjir, maupun faktor alam lainnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Noerhayati, E., Rahmawati, A., & Wahyudi, S. Y. (2020). WATER SPREAD TEST ON IOT (Internet Things) BASED AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM. *Journal Innovation of Civil Engineering*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.33474/jice.v1i1.9057>
- [2] Serang, R. (2012). Serang, Pengaruh Perubahan Iklim terhadap OPTIMASI KETERSEDIAAN AIR DI DAERAH IRIGASI GOLEK KECAMATAN PAKISAJI KABUPATEN MALANG DENGAN MEMPERGUNAKAN PROGRAM LINIER. *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(1), 15–23. <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/142>
- [3] Firdaus, M. S., & Noerhayati, E. (2017). STUDI OPTIMASI DISTRIBUSI AIR DAERAH IRIGASI SONOSARI KABUPATEN MALANG DENGAN PROGRAM LINIER. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 05(02). <https://jim.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/1794>
- [4] Kharistanto dkk. (2022). Studi Optimasi Pemanfaatan Air Irigasi Menggunakan Program Linier Pada Daerah Irigasi Manikin Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 3(1), 487–500. <https://jtresda.ub.ac.id/>
- [5] Wahyudi & Hakim, 2014. (2014). Studi Optimasi Pola Tanam pada Daerah Irigasi Warujayeng Kertosono dengan Program Linier. *Jurnal Teknik*, 3(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v3i1.5428>
- [6] Saragi, T. E., Oktavianus Zai, E., & Zebua, E. (2023). ANALISA DEBIT ANDALAN (STUDI KASUS PADA PLTM PARMONGAN II). *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2). <http://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/7563>