

OPTIMASI PEMBERIAN AIR IRIGASI DI DAERAH IRIGASI SUNGAI TUNDO KABUPATEN MALANG MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER

Excel Indrawan¹, Anang Bakhtiar², Anita Rahmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : 218010511250@unisma.ac.id

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

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

ABSTRAK

Water is the most important thing for the survival of living things. The Tundo River Irrigation Area is an irrigation area under the auspices of the Malang Regency PU Irrigation Service and has been built more than 20 years ago, with a total agricultural area of 2,050 Ha spread across the Tirtoyudo District. The planting pattern in the Tundo River Irrigation Area is Rice/Secondary Crops. This study will optimize the provision of irrigation water which is intended to regulate the planting pattern in accordance with the available discharge, so that farmers can obtain higher production results than previous production. The calculation results show the water requirements for each planting season alternative. The annual water requirement is 77,807.40 m³/Ha for Alternative 1, 78,019.20 m³/Ha for Alternative 2, 78,339.80 m³/Ha for Alternative 3, 78,032.00 m³/Ha for Alternative 4, and 78,254.30 m³/Ha for Alternative 5. Based on the optimization results using the linear programming method, several optimal cropping pattern alternatives were obtained. Alternative I yields the highest income by implementing a cropping pattern of rice (641 Ha)/secondary crops (1,409 Ha) – rice (258 Ha)/secondary crops (1,792 Ha) – rice (8 Ha)/secondary crops (997 Ha), starting in the third week of November with a cropping intensity of 249%. Based on the optimal cropping pattern alternative from the linear programming optimization results, the production profit in Alternative I is IDR 32,575,153,000

Keywords: *Linear Program, Rainfall, Optimization, Water*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan air bersih sangat penting untuk konsumsi rumah tangga, kebutuhan industri dan tempat umum. Pentingnya kebutuhan akan air bersih, maka penyediaan air bersih menjadi perhatian khusus setiap negara dunia, tidak terkecuali di Indonesia [1]. Daerah Irigasi Sungai Tundo merupakan daerah irigasi yang berada di bawah naungan Dinas PU Pengairan Kabupaten Malang dan telah dibangun lebih dari 20 tahun yang lalu, dengan total areal pertanian seluas 2.050 Ha yang tersebar di wilayah Kecamatan Tirtoyudo. Saat ini, optimasi pola tanam diperlukan untuk meningkatkan fungsi dan

pemanfaatan jaringan irigasi. Pola tata tanam pada Daerah Irigasi Sungai tundo adalah Padi/Palawija. Kondisi pola tata tanam ini memiliki tingkat kebutuhan yang besar, sedangkan ketersediaan air yang terbatas. Optimasi juga dapat diartikan sebagai tercapainya suatu tujuan atau memaksimalkan kegiatan sehingga mewujudkan keuntungan yang diinginkan menjadi optimal [2]. Studi ini akan dilakukan optimasi pemberian air irigasi yang dimaksudkan untuk mengatur pola tata tanam yang sesuai dengan debit yang tersedia, sehingga para petani dapat memperoleh hasil produksi yang lebih tinggi dari produksi sebelumnya [3].

1.2. Identifikasi Masalah

1. Masalah kekurangan air pada pola tata tanam yang tidak sesuai dengan ketersediaan dan debit air, terutama pada saat musim kemarau. Sehingga distribusi air terhadap seluruh tanaman menjadi tidak merata, mengingat kebutuhan air setiap tanaman yang berbeda-beda, terutama tanaman padi yang merupakan salah satu tanaman musim penghujan.
2. Pengaturan pola tanam berdasarkan kebutuhan air tanam pada pemanfaatan debit air yang tersedia.

1.3 Rumusan Masalah

1. Berapa debit andalan yang tersedia pada Daerah Irigasi Sungai Tundo?
2. Berapa besar kebutuhan air irigasi berdasar pola tanam yang diperlukan untuk setiap musim tanam ?
3. Berapa luas lahan tanam optimum berdasarkan debit air yang tersedia?
4. Berapa besar tinggi bukaan pintu pada jaringan irigasi sesuai pola tanam?
5. Berapa keuntungan maksimum yang didapat dari hasil optimasi Program linier?

1.4 Batasan Masalah

1. Tidak merencanakan kembali saluran irigasi yang ada.
2. Tidak membahas pemeliharaan saluran irigasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Irigasi sebagai salah satu komponen pendukung keberhasilan pembangunan pertanian mempunyai peran yang sangat penting. Penyediaan air irigasi bagi pertanian perlu dikelola dengan bijak dan secara berkelanjutan agar keberdaan dan fungsinya semakin terpelihar. Pengolaahnnnya termasuk pemanfaatnya harus diselenggarakan secara adil dan merata sehingga dapat memberikan manfaat dibidang pertanian [4].

Hidrologi adalah bidang pengetahuan yang mempelajari kejadian-kejadia serta penyebab air alamiah di bumi. Faktor hidrologi yang paling berpengaruh pada wilayah huu adalah curah hujan (presipitasi).

Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimnya (Soemarto,1999). Analisis hidrologi adalah kegiatan melakukan analisa hidroklimatologi dengan cara menganalisa secara kuantitatif yang mengacu pada berbagai metode yang relevan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.

Uji konsistensi dapat dilakukan dengan lengkung massa ganda (double mass curve) iuntuk stasiun hujan ≥ 3 (tiga), dan untuk individual stasiun (stand alone station) dengan cara RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums). Curah hujan andalan adalah curah hujan rerata daerah minimum yang sudah ditentukan dan dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Curah hujan andalan digunakan untuk menentukan curah hujan efektif, dimana curah hujan efektif adalah curah hujan yang digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhan. Analisis hidrologi digunakan untuk menghitung besarnya curah hujan efektif dengan keandalan 50 % dan 80 %. Sebelum melakukan perhitungan, data hujan perlu dicek kualitasnya dengan menggunakan uji konsistensi data yang kemudian dilanjutkan dengan pengecekan abnormalitas data [5].

Debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya resiko kegagalan tertentu. Ada beberapa cara dalam menentukan debit andalan yang mana masing-masing cara mempunyai ciri khas sendiri-sendiri. Pemilihan metode yang sesuai umumnya didasarkan atas pertimbangan data yang tersedia, jenis kepentingan dan pengalaman [6].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi dari Penelitian ini berada di salah satu iSungai yang ada diwilayah Kecamatan Tirtoyudo Kabupaten Malang Yaitu DAS Tundo terletak di Kabupaten Malang dengan luas 29,42 km² dan panjang sungai sekitar 7,47 km. Daerah Irigasi Sungai Tundo memiliki luas layanan daerah irigasi kurang dari 2050 ha yang merupakan wewenang dari pengelola irigasi Dinas Pekerjaan Umum

1. Data CH harian dari stasiun klimatologi, disusun dan di rata-rata.
2. Mengurutkan data curah hujan rerata daerah bulanan dari kecil ke besar.
3. Menentukan curah hujan andalan menggunakan rumus

Persamaan yang digunakan dalam analisis curah hujan andalan sebagai berikut :

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

Dimana :

P = peluang curah hujan

m = curah hujan andalan

n = jumlah tahun pengamatan

Sehingga

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

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

$$m = 0.80 \times 11$$

$$m = 8,8 \gg 9$$

Berdasarkan hasil analisis curah hujan andalan R80 dengan menggunakan metode basic mounth terdapat pada urutan data pada tahun ke 9 setelah data diurutkan dari terbesar ke terkecil.

4.4. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif adalah jumlah air hujan yang dibutuhkan oleh tanaman untuk proses pertumbuhan mulai dari awal tanam hingga masa panen [10]. Curah hujan efektif dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu, curah hujan andalan dan jenis tanaman. Curah hujan andalan dalam menentukan curah hujan efektif digunakan dengan peluang tidak terpenuhi sebesar 20% (R80). Jenis tanaman mempengaruhi besarnya nilai curah hujan efektif.

Berdasarkan persamaan diatas berikut merupakan contoh perhitungan curah hujan efektif tanaman padi pada bulan November – III :

$$\begin{aligned} \text{Re (padi)} &= 0,70 \times \text{R80} \\ &= 0,70 \times 7 \\ &= 4,90 \text{ mm} \\ &= 0,49 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi pada bulan November periode 3 didapatkan nilai sebesar 0,49 mm/hari artinya nilai tersebut merupakan nilai curah hujan yang dibutuhkan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhan air

akibat proses penguapan yang terjadi. Berikut merupakan contoh perhitungan curah hujan efektif tanaman palawija pada bulan November – III :

$$\begin{aligned} \text{Re (palawija)} &= 0,50 \times \text{R80} \\ &= 0,50 \times 7 \\ &= 2,45 \text{ mm} \\ &= 0,245 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman palawija pada bulan November periode 3 didapatkan nilai sebesar 0,245 mm/hari artinya nilai tersebut merupakan nilai curah hujan yang dibutuhkan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhan air akibat proses penguapan yang terjadi. Nilai curah hujan efektif yang dibutuhkan tanaman padi dan palawija berbeda dikarenakan tanaman palawija tidak terlalu banyak membutuhkan air untuk proses pertumbuhan secara baik. Jika terdapat banyak air pada tanaman palawija maka akan menyebabkan tanaman tersebut menjadi busuk atau mati.

Berdasarkan hasil perhitungan curah hujan efektif pada tanaman padi antara 0,00 mm/hari – 5,55 mm/hari dengan rata-rata dalam 1 tahun sebesar 1,14 mm/hari. Pada tanaman palawija didapatkan nilai sebesar 0,00 mm/hari – 2,78 mm/hari dengan rata-rata dalam 1 tahun sebesar 0,64 mm/hari. Nilai curah hujan efektif yang rendah diakibatkan tidak terjadinya hujan pada bulan tersebut atau dengan kata lain terjadi pada saat musim kemarau. Sebaliknya curah hujan efektif yang tinggi terjadi diakibatkan intensitas hujan yang tinggi dengan kata lain terjadi pada musim hujan. Parameter ini yang akan berpengaruh terhadap besarnya kebutuhan air yang dibutuhkan tanaman untuk proses pertumbuhan.

4.5. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses hilangnya air dari tanah menuju atmosfer melalui permukaan tanah dan tumbuhan akibat terkena sinar matahari.

Berikut merupakan contoh perhitungan evapotranspirasi potensial pada Bulan November

Data :

- Bulan = November

- Koordinat = 8°24"LS
- Suhu udara = 27,44°C
- Kelembapan = 88,86 %
- Kecepatan angin = 0,59 m/s
- Intensitas = 67,93 %

Penyelesaian :

a. Tahap 1

Mencari nilai (ea, W, dan f(t)) berdasarkan suhu udara.

$$\begin{aligned} T &= 27,44^\circ\text{C} \\ E_a &= 36,62 \text{ mbar} \\ W &= 0,76 \\ f(t) &= 16,19 \end{aligned}$$

b. Tahap 2

Menghitung nilai tekanan uap nyata (ed) dengan persamaan

$$\begin{aligned} e_d &= e_a \times RH \\ e_d &= 36,62 \times 88,86 \\ e_d &= 32,54 \text{ mbar} \end{aligned}$$

c. Tahap 3

Menghitung nilai fungsi tekanan uap nyata f(ed) dengan persamaan

$$\begin{aligned} f(ed) &= 0,34 - 0,44 (ed^{0,5}) \\ f(ed) &= 0,34 - 0,44 (32,54^{0,5}) \\ f(ed) &= 0,09 \end{aligned}$$

d. Tahap 4

Mencari nilai Ra berdasarkan koordinat lokasi.

$$Ra = 16,03 \text{ mm/hari}$$

e. Tahap 5

Menghitung nilai Rs dan Rns dengan persamaan

$$\begin{aligned} R_s &= (0,25 + 0,54 n/N) Ra \\ R_s &= (0,25 + (0,54 \times 67,93)) 16,03 \\ R_s &= 9,45 \text{ mm/hari} \\ R_{ns} &= (1-\alpha)R_s ; \alpha = 0,25 \quad (4.9) \\ R_{ns} &= (1- 0,25) 9,45 \\ R_{ns} &= 7,09 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

f. Tahap 6

Menghitung nilai fungsi f(n/N), dan f(u) berdasarkan nilai intensitas dan kecepatan angin dengan persamaan.

$$\begin{aligned} f(n/N) &= 0,1 + 0,9 n/N \\ f(n/N) &= 0,1 + (0,9 \times 67,93) \\ f(n/N) &= 0,71 \text{ mm/hari} \\ f(u) &= 0,27 \{1+(U \times 0,864)\} \\ f(u) &= 0,27 \{1+(0,59 \times 0,864)\} \\ f(u) &= 0,41 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

g. Tahap 7

Menghitung nilai Rn1 dan Rn dengan persamaan

$$R_{n1} = f(t) \times f(ed) \times f(n/N)$$

$$R_{n1} = 16,19 \times 0,09 \times 0,71$$

$$R_{n1} = 1,02 \text{ mm/hari}$$

$$R_n = R_{ns} - R_{n1}$$

$$R_n = 7,09 - 1,02$$

$$R_n = 6,06 \text{ mm/hari}$$

h. Tahap 8

Menghitung nilai evapotranspirasi potensial Eto dengan persamaan

$$E_{to} = c \{ W R_n + (1-w) f(u) (e_a - e_d) \}$$

$$E_{to} = 1,15 \{ (0,76 \times 6,06) + (0,24 \times 0,41 \times (36,62 - 32,54)) \}$$

$$E_{to} = 5,78 \text{ mm/hari}$$

Berdasarkan proses perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode Penman modifikasi didapatkan nilai laju evapotranspirasi pada bulan November sebesar 5,78 mm/hari.

Tabel 1. Perhitungan Nilai Evapotranspirasi Potensial

No	Uraian	Sat	Ket	Bulan											
				Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Ok	Nov	Des
1	Temperatur Udara	°C	Data	28,22	27,70	27,38	26,99	26,82	27,53	25,36	26,85	26,87	27,34	27,44	27,18
2	Ra (eq)	mbar	Tabel	38,31	37,17	36,50	35,69	35,32	36,81	32,38	28,39	33,44	36,41	36,62	36,09
3	W		Tabel	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,77	0,74	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
4	1-W		Hitungan	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,23	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
5	f(t)		Tabel	16,34	16,24	16,18	16,10	16,06	16,21	15,77	16,07	16,07	16,17	16,19	16,14
6	Kelembaban Relatif (RH)	%	Data	90,88	90,69	87,85	89,76	88,95	89,45	89,27	88,04	87,97	87,51	88,86	90,34
7	ed = ea x RH		Hitungan	34,82	33,71	32,07	32,03	31,42	32,93	28,91	31,16	31,17	31,87	32,54	32,60
8	f(ed) = 0,34 - 0,44 (ed ^{0,5})		Hitungan	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
9	Letak Lintang Daerah	°	Data	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
10	Ra	mm/hari	Tabel	16,14	16,13	15,50	14,38	13,06	12,35	12,66	13,68	14,89	15,81	16,03	16,03
11	Penyinaran Matahari, n/N	%	Data	56,05	59,52	65,56	69,61	64,11	58,46	61,56	74,25	82,29	82,05	67,93	55,06
12	Ra = (0,25 + 0,54 n/N) Ra		Hitungan	8,86	8,83	8,96	8,60	7,45	6,70	7,06	8,50	9,85	10,44	9,45	8,42
13	Rns = (1-α)Ra, α=0,25		Hitungan	6,42	6,62	6,72	6,45	5,59	5,02	5,30	6,37	7,39	7,83	7,09	6,21
14	f(n/N) = 0,1 + 0,9 n/N		Hitungan	0,60	0,64	0,69	0,73	0,68	0,63	0,65	0,77	0,84	0,84	0,71	0,60
15	Kecepatan Angin, u	m/det	Data	0,45	0,45	0,48	0,47	0,38	0,43	0,54	0,74	0,81	0,87	0,59	0,42
16	f(u) = 0,27 {1+(u x 0,864)}		Hitungan	0,38	0,37	0,38	0,38	0,36	0,37	0,39	0,44	0,46	0,47	0,41	0,37
17	Rn1 = f(t) x f(ed) x f(n/N)		Hitungan	0,79	0,87	1,01	1,06	1,02	0,89	1,07	1,17	1,27	1,24	1,02	0,85
18	Rn = Rns - Rn1	mm/hari	Hitungan	5,62	5,75	5,70	5,38	4,57	4,14	4,23	5,21	6,11	6,59	6,06	5,46
19	Angka Koreksi (c)		Data	1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
21	Jumlah hari dalam satu bulan	hari	hari	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00
22	Eto*	mm/hari	Hitungan	5,11	5,18	4,76	4,42	3,62	3,33	3,50	4,40	5,62	6,09	5,78	5,13
		mm	Hitungan	158,26	145,13	147,43	132,75	112,08	99,8	108,42	136,48	168,56	188,89	173,36	159,17

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai ievapotranspirasi 3,33 mm/hari – 6,09 mm/hari dengan nilai tertinggi tercapai pada bulan Oktober. Faktor klimatologi berpengaruh terhadap tinggi rendahnya nilai evapotranspirasi terlihat pada bulan Oktober terjadi musim kemarau. Pada musim kemarau terjadi itensitas penyinaran matahari sebesar 82,05% yang menyebabkan proses pengupan air menuju atsmosfer menjadi cepat. Intensitas penyinaran matahari berpengaruh terhadap suhu udara yang dapat mempercepat proses evapotranspirasi. Kondisi geografis daerah studi terletak pada dataran rendah dengan nilai kelembapan udara rendah 87,51% dan kecepatan angin 0,87 m/dtk. Laju pengupan yang cepat akan berdampak pada nilai kebutuhan air yang dibutuhkan tanaman untuk dapat tumbuh dengan baik.

4.6. Perlokasi

Perkolasi merupakan proses pergerakan air dalam tanah secara vertical. Laju perkolasi dipengaruhi oleh sifat dan tingkat permeabilitas tanah.

Pada kondisi di lapangan memiliki jenis tanah berupa lempung kepasiran sandy loam. Berdasarkan Tabel 4.6 nilai perkolasi untuk wilayah Kab. Malang adalah 3.0 mm/hari tergolong pada jenis tanah sedang. Nilai perkolasi berpengaruh terhadap besarnya kebutuhan air untuk tahap persiapan lahan.

Tabel 2. Angka Perkolasi

Jenis Tanah	Angka Perkolasi
Tanah - tanah berat	2.0
Tanah - tanah sedang	3.0
Tanah - tanah ringan	1.5
Alluvial coklat keabu-abuan	1.0
Regosol coklat keabu-abuan	1.0
Regosol	2.0
Regosol dan Litosol	2.0
Grumosol	1.0
Mediteran	2.0

4.7. Persiapan Lahan

Pada ipersiapan lahan dibutuhkan air untuk melakukan proses penjemuran dan pengolahan tanah. Jumlah air yang dibutuhkan tergantung terhadap tingkat porositas tanah di sawah. Pada umumnya jumlah air yang dibutuhkan sebesar 200 mm – 300 mm dan akan ditambah 50 mm setelah proses transplantasi. Tanah dengan tingkat laju perkolasi yang tinggi membutuhkan jumlah air yang lebih tinggi.

Berikut merupakan contoh perhitungan persiapan lahan untuk awal tanam pada bulan November III.

a. Tahap 1

Menghitung nilai Evaporasi dengan persamaan

$$E_o = E_{to} \times 1,1$$

$$E_o = 5,78 \times 1,1$$

$$E_o = 6,36 \text{ mm/hari}$$

b. Tahap 2

Menghitung nilai M dengan persamaan 2.7

$$M = E_o + P$$

$$M = 5,78 + 2,0$$

$$M = 8,36 \text{ mm/hari}$$

c. Tahap 3

Menghitung nilai k dengan persamaan 2.8

$$k = MT / S$$

$$k = (8,36 \times 30) / 250$$

$$k = 1,00$$

d. Tahap 4

Menghitung nilai persiapan lahan LP

$$LP = \frac{M e^k}{e^{k-1}}$$

$$LP = \frac{8,36 e^k}{e^{1-1}}$$

$$LP = 13,19 \text{ mm/hari}$$

4.8. Kebutuhan Air Tanaman

Jumlah air yang dibutuhkan tanaman selama proses pertumbuhan mulai dari benih sampai pada masa panen disebut dengan kebutuhan air tanaman. Setiap tanaman membutuhkan jumlah air yang berbeda selama proses pertumbuhan.

Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan air tanaman padi pada bulan November – III.

$$NFR = PL + E_{tc} + P + WLR - Ref$$

$$NFR = 13,19 + 0 + 2 + 0 - 0,49$$

$$NFR = 14,70 \text{ mm/hari}$$

$$NFR = 1,70 \text{ lt/dtk/Ha}$$

Tanaman palawija memiliki jumlah air yang dibutuhkan lebih sedikit dari tanaman padi. Pada umumnya tanaman palawija ditanam pada saat musim kemarau. Kebutuhan air tanaman palawija tidak banyak dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Faktor yang mempengaruhi kebutuhan air tanaman palawija adalah curah hujan efektif dan penggunaan konsumtif.

Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan air tanaman palawija pada bulan November – III.

$$NFR = E_{tc} - Ref$$

$$NFR = 2,79 - 0,25$$

$$NFR = 2,55 \text{ mm/hari}$$

$$NFR = 0,29 \text{ lt/dtk/Ha}$$

4.9. Kebutuhan Air Irigasi

Suplai air untuk memenuhi kebutuhan air tanaman pada petak sawah pada lokasi studi berasal dari Bendung Tundo yang membentang di aliran sungai Brantas. Efisien total saluran irigasi pada daerah Irigasi Tundo merupakan jumlah keseluruhan efisiensi saluran primer, sekunder, dan tersier sehingga didapat nilai efisiensi sebesar 65%.

Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi dan palawija pada pola tata tanam alternatif 1.

a. Tanaman Padi

$$IR = \frac{NFR}{eff}$$

$$IR = \frac{1,70}{0,65}$$

$$IR = 2,62 \text{ liter/detik/ha}$$

b. Tanaman Palawija

$$IR = \frac{NFR}{eff}$$

$$IR = \frac{0,29}{0,65}$$

$$IR = 0,45 \text{ liter/detik/ha}$$

Tabel 3. Kebutuhan Air Irigasi

Musim	Kebutuhan Air Irigasi (m ³ /Ha)				
	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5
Hujan	31737,2	32858,5	34315,7	35557,1	35708,4
Kering I	21004,7	21573,4	21061,1	19112,7	18252,9
Kering II	25056,5	23587,3	22963,0	23362,2	24293,0

4.10. Analisis Debit

Dalam studi ini debit air berguna untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dalam setiap perencanaan pola tata tanam yang dibuat. Debit yang digunakan adalah debit intake rerata Bendung Tundo dengan periode waktu pencatatan 10 tahun. Data debit yang didapatkan berasal dari stasiun pencatat debit dibawah naungan Perum Jasa Tirta 1 yang berlokasi di Malang, Jawa Timur.

Tabel 4. Data Debit Rerata Bulanan Bendung Tundo

Bulan	Debit (m ³ /detik)									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Januari	1,88	2,10	2,15	2,11	2,65	2,84	2,77	2,69	2,89	2,91
Februari	1,72	2,02	2,19	2,17	2,75	2,85	2,75	2,69	2,88	2,85
Maret	1,82	1,99	2,29	2,57	2,79	2,83	2,80	2,86	3,07	3,15
April	1,93	1,97	2,52	2,73	2,74	2,71	2,84	2,82	2,94	3,09
Mei	1,82	2,17	2,46	2,70	2,99	2,84	1,93	2,88	3,17	3,28
Juni	1,72	2,15	2,20	2,67	2,73	2,84	2,80	2,86	3,26	3,25
Juli	1,43	1,81	1,41	2,39	2,21	2,27	2,73	2,57	2,16	2,11
Agustus	1,12	1,42	1,15	1,41	1,49	1,68	2,14	1,70	1,63	1,55
September	0,85	1,32	1,44	1,30	0,23	1,46	1,61	1,84	1,49	1,41
Oktober	1,14	1,40	1,60	1,48	0,79	1,58	1,53	1,55	1,51	1,29
November	1,54	1,53	2,19	1,59	1,79	1,74	1,61	1,78	1,79	1,79
Desember	1,80	1,47	2,13	2,55	2,44	2,44	2,35	2,92	3,11	3,23

Sumber : Perum Jasa Tirta 1

4.11. Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimum sungai yang dapat terpenuhi untuk berbagai keperluan. Dalam perencanaan irigasi debit andalan memiliki tingkat presentase terpenuhi sebesar 80% yang bertujuan untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia.

Berdasarkan hasil perhitungan probabilitas debit andalan dengan menggunakan metode

basic mounth didapatkan hasil probabilitas debit dengan prosentase 25% pada data nomor 4, probabilitas 50% pada data nomor 8, dan probabilitas 75% pada data nomor 12. Tingkat probabilitas yang digunakan dalam studi ini sebesar 80% yang tertera pada data dengan nomor urut ke 13. Tingkat probabilitas debit andalan pada data nomor urut ke 13 diperoleh sebesar 81,25% yang mendekati nilai 80%.

Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat pada Tabel 4.17 debit andalan untuk memenuhi jaringan irigasi memiliki rentan 1,41 m³/detik – 2,17 m³/detik. Debit terendah terjadi pada saat musim kemarau puncak pada bulan Agustus dan debit tertinggi terjadi pada bulan Februari dan Mei.

4.12. Optimasi

Optimasi liner programming adalah suatu tindakan terbaik yang dicapai dari masalah dengan menggunakan metode linier yang berbasis matematika. Dalam studi ini dilakukan proses optimasi pada perencanaan pola tata tanam dengan tujuan mendapatkan keuntungan maksimum dengan batasan pemanfaatan luas tanam yang minimum. Penyelesaian optimasi dalam studi ini menggunakan linier programming dengan metode simplek. Metode simplek merupakan metode penyelesaian masalah dengan menggunakan jalan iterasi untuk mendapatkan nilai optimum.

4.13. Pemodelan Matematika Metode Simplek

Pemodelan matematik metode simplek terdiri dari menentukan fungsi tujuan dan variable-variabel batasan untuk mendapatkan model optimasi keuntungan dalam perencanaan pola tata tanam.

Tahapan dalam menentukan pemodelan matematik metode simplek sebagai berikut :

1. Menentukan variabel keputusan yang berupa luas baku sawah yang optimal untuk tanaman padi dan palawija pada setiap musim.
2. Menentukan fungsi tujuan dari permasalahan yang akan dicapai. Harga panen pada setiap tanaman per-hektar dijadikan sebagai nilai koefisien untuk nilai

fungsi.

- Menentukan fungsi kendala dalam pemecahan masalah yang berkaitan dengan fungsi tujuan yang dibuat.
- Melakukan perhitungan iterasi dengan imenggunakan bantuan software QM for Windows 4. Proses input data dan hasil perhitungan iterasi dalam software QM for Windows 4 Input Data Pada Software QM for Windows 4

Tabel 5. Equation form untuk input data

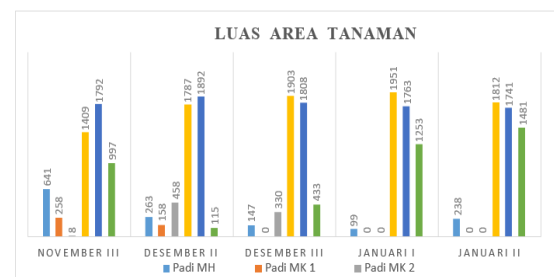
Padi MH	Padi MK 1	Padi MK 2	Palawija MH	Palawija MK	Palawija MK	RHS	Equation form
Maximize	1	1	1	1	1	1	Max Padi MH + Padi MK 1
Jan - 1	1741	0	0	52	0	0 <=	2150 1741Padi MH +
Jan - 2	163	0	0	57	0	0 <=	2150 163Padi MH +
Jan - 3	141	0	0	57	0	0 <=	2150 141Padi MH +
Feb - 1	8	0	0	56	0	0 <=	2190 8Padi MH + 56Palawija
Feb - 2	92	0	0	74	0	0 <=	2190 92Padi MH + 74Palawija
Feb - 3	176	0	0	51	0	0 <=	2190 176Padi MH +
Mar - 1	159	0		35	0	0 <=	2290 159Padi MH +
Mar - 2	216	0	0	26	0	0 <=	2290 216Padi MH +
Mar - 3	24	0	0	32	0	0 <=	2290 24Padi MH + 32Palawija
Apr - 1	229	0	0	14	0	0 <=	2520 229Padi MH +
Apr - 2	134	0	0	29	0	0 <=	2520 134Padi MH +
Apr - 3	175	0	0	42	0	0 <=	2520 175Padi MH +
Mei - 1	132	0	0	3	0	0 <=	2460 132Padi MH + 3Palawija
Mei - 2	167	0	0	45	0	0 <=	2460 167Padi MH +
Mei - 3	162	0	0	56	0	0 <=	2460 162Padi MH +
Jun - 1	0	1351	0	0	57	0 <=	2200 1351Padi MK 1 +
Jun - 2	0	109	0	0	61	0 <=	2200 109Padi MK 1 +
Jun - 3	0	267	0	0	6	0 <=	2200 267Padi MK 1 +
Jul - 1	0	271	0	0	62	0 <=	2110 271Padi MK 1 +
Jul - 2	0	261	0	0	34	0 <=	2110 261Padi MK 1 +
Jul - 3	0	271	0	0	3	0 <=	2110 271Padi MK 1 +
Agst - 1	0	282	0	0	26	0 <=	1420 282Padi MK 1 +
Agst - 2	0	169	0	0	42	0 <=	1420 169Padi MK 1 +
Agst - 3	0	197	0	0	44	0 <=	1420 197Padi MK 1 +
Sep - 1	0	0	2192	0	0	71 <=	1320 2192Padi MK 2 +
Sep - 2	0	0	217	0	0	84 <=	1320 217Padi MK 2 +
Sep - 3	0	0	214	0	0	99 <=	1320 214Padi MK 2 +
Okt - 1	0	0	189	0	0	111 <=	1290 189Padi MK 2 +
Okt - 2	0	0	156	0	0	113 <=	1290 156Padi MK 2 +
Okt - 3	0	0	275	0	0	112 <=	1290 275Padi MK 2 +
Nov - 1	0	0	26	0	0	97 <=	1610 26Padi MK 2 +
Nov - 2	0	0	27	0	0	67 <=	1610 27Padi MK 2 +
Nov - 3	0	0	262	0	0	45 <=	1610 262Padi MK 2 +
Des - 1	2321	0	0	15	0	0 <=	2130 2321Padi MH +
Des - 2	117	0	0	13	0	0 <=	2130 117Padi MH +
Des - 3	13	0	0	2	0	0 <=	2130 13Padi MH + 2Palawija
Luas MH	1	0	0	1	0	0 <=	2050 Padi MH + Palawija MH <=
Luas MK 1	0	1	0	0	1	0 <=	2050 Padi MK 1 + Palawija MK 1
Luas MK 2	0	0	1	0	0	1 <=	2050 Padi MK 2 + Palawija MK 2

4.14. Analisis Hasil Optimasi QM for Windows

Proses optimasi berbasis simplek linier programming dengan menggunakan software QM for Windows 4 menghasilkan luas area yang optimum pada setiap alternatif pola tata tanam.

Pola tata tanam November 3 menghasilkan luas area untuk tanaman padi dimusim hujan 641 Ha, musim kering 1 258 Ha, dan musim kering 2 8 Ha, sedangkan untuk tanaman palawija jagung dimusim hujan 1 409 Ha, musim kering 1 1791 Ha, dan musim kering 2 997 Ha. Pola tata tanam Desember 2 menghasilkan luas area untuk tanaman padi dimusim hujan 263 Ha, musim kering 1 158 Ha, dan musim kering 2 458 Ha, sedangkan untuk tanaman palawija jagung dimusim hujan 1787 Ha, musim kering 1 1892 Ha, dan musim kering 2 115 Ha. Pola tata tanam Desember 3 menghasilkan luas area untuk tanaman padi dimusim hujan 147 Ha, musim kering 1 0 Ha, dan musim kering 2 330 Ha, sedangkan untuk tanaman palawija jagung dimusim hujan 1903 Ha, musim kering 1 1808 Ha, dan musim kering 2 433 Ha.

Intensitas tanam tinggi terdapat pada alternatif pola tata tanam Januari II dengan nilai intensitas pada musim hujan 100% artinya luas area total dapat dimanfaatkan secara menyeluruh untuk tanaman padi dan jagung. Pada musim kering I memiliki intensitas 85% artinya hanya terdapat 15% luas area dari keseluruhan yang tidak dapat terpenuhi pasokan air untuk ditanami. Pada musim kering II memiliki intensitas 72% artinya 28% luas area dari keseluruhan tidak dapat terpenuhi pasokan air untuk ditanami. Hasil tersebut akan dilakukan perhitungan keuntungan untuk mencari alternatif pola tata tanam yang optimal.

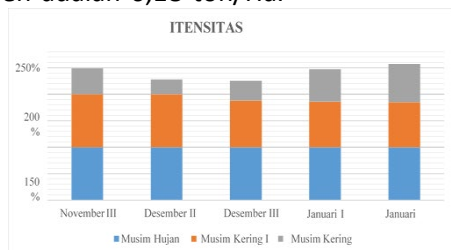


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Luas Area Dan Musim

4.15. Analisis Usaha Tani

Analisis usaha tani adalah analisis mengenai biaya yang digunakan selama persiapan awal tanam hingga keuntungan panen. Biaya yang dibutuhkan pada saat persiapan awal tanam hingga panen tidak lepas dari beberapa faktor.

Pada daerah irigasi Tundo telah didapatkan beberapa data biaya produksi, harga jual, dan produktifitas tanaman padi dan palawija. Pada tanaman padi biaya produksi sebesar Rp. 16.565.000,00/Ha yang terdiri dari biaya bibit sebesar Rp. 375.000,00, biaya pupuk sebesar Rp. 3.500.000,00, biaya pengendalian OPT sebesar Rp. 320.000,00, biaya tenaga kerja dan alat sebesar Rp. 5.300.000,00, dan biaya lainnya sebesar Rp. 7.070.000,00. Harga jual hasil panen tanaman padi seharga Rp. 4.075,00/kg dengan tingkat produktifitas hasil panen adalah 7,01 ton/Ha. Pada tanaman palawija jagung biaya produksi sebesar Rp. 14.403.000,00/Ha yang terdiri dari biaya bibit sebesar Rp. 1.000.000,00, biaya pupuk sebesar Rp. 1.935.000,00, biaya pengendalian OPT sebesar Rp. 178.000,00, biaya tenaga kerja dan alat sebesar Rp. 5.045.000,00, dan biaya lainnya sebesar Rp. 6.145.000,00. Harga jual hasil panen tanaman padi seharga Rp. 3.150,00/kg dengan tingkat produktifitas hasil panen adalah 6,18 ton/Ha.



Gambar 5. Grafik Hubungan Intensitas Tanam Dan Musim

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 1 Hasil perhitungan didapatkan nilai kebutuhan air pada setiap alternatif musim tanam. Kebutuhan air dalam 1 tahun pada alternatif 1 sebesar 77807,40 m³/Ha, alternatif 2 sebesar 78019,20 m³/Ha, alternatif 3 sebesar 78339,80 m³/, alternatif 4 sebesar 78032,00 m³/Ha, dan alternatif 5 sebesar 78254,30 m³/Ha.

- 2 Berdasarkan hasil optimasi dengan metode program linear menghasilkan beberapa alternatif pola tata tanam yang optimum. Pada alternatif I memiliki nilai pendapatan terbesar dengan menerapkan pola tata tanam padi (641Ha)/palawija (1409Ha) – padi (258Ha)/palawija (1792Ha) – padi (8Ha)/palawija (997Ha) dengan awal musim tanam bulan November III dan intensitas tanam sebesar 249 %.
- 3 Berdasarkan alternatif pola tata tanam yang optimum dari hasil optimasi program linear didapatkan nilai keuntungan produksi pada alternatif I sebesar Rp. 32.575.153.000.

5.2 Saran

1. Alternatif pola tata tanam yang terpilih dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan pola tata tanam di wilayah studi agar menghasilkan nilai produksi yang lebih baik.
2. Dalam penelitian lanjutan mengenai studi ini perlu meninjau harga analisa usaha tani dengan menyesuaikan harga pada saat melakukan analisa untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
3. Penelitian lanjutan diharapkan perhitungan curah hujan rerata daerah menggunakan metode polygon atau isohyet dengan menggunakan data luas dan peta DAS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Bura Dan A. Rokhmawati, "Evaluasi Ketersediaan Dan Kebutuhan Air Bersih Di Kecamatan Komodo Kabupaten Manggarai Barat Nusa Tenggara Timur," 2023.
- [2] K. A. Adelia, B. Suprpto, Dan A. Rahmawati, "Studi Alternatif Perencanaan Sistem distribusi Air Bersih dan Airlimbah Dgedung Neo Hotel Malang," *Jurnal Rekayasa Sipil (E-Journal)*, Vol. 12, No. 2, Hlm. 45–55, 2022.
- [3] A. Zahro, E. Noerhayati, And A. Bakhtiar, "Studi Evaluasi Perencanaan Jaringan Daerah Irigasi Rawang Ujo Kelurahan Sarkam Kota Jambi," *Jurnal Rekayasa Sipil (E-Journal)*, Vol. 12, No. 2, Pp. 1–10, 2022.
- [4] M. R. Ahsani, E. Noerhayati, Dan A. Rokhmawati, "Analisis Kebutuhan Air Bersih

- Pada Saluran Primer Di Kecamatan Ponorogo Kabupaten Ponorogo Menggunakan Epanet 2.2,” *Jurnal Rekayasa Sipil (E-Journal)*, Vol. 13, No. 1, Hlm. 510–519, 2023.
- [5] D. S. Junianti Dan A. Rokhmawati, “Studi Alternatif Perencanaan Distribusi Dan Kebutuhan Air Bersih Desa Jinengdalem Kabupaten Buleleng Provinsi Bali,” 2023.
- [6] P. M. Nirwisaya Dan B. D. Marsono, “Evaluasi Sistem Penyediaan Air Minum Berbasis Masyarakat Di Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo,” *Jurnal Teknik Its*, Vol. 9, No. 2, Hlm. C86–C92, 2021.
- [7] E. Noerhayati Dan A. Rokhmawati, “Studi Perencanaan Jaringan Distribusi Kebutuhan Air Bersih Di Kabupaten Bengkulu Tengah,” *Jurnal Rekayasa Sipil (E-Journal)*, Vol. 9, No. 4, Hlm. 280–292, 2021.
- [8] C. R. Purwanto, “Sistem Kinerja Pemberian Pupuk Cair Dan Air Pada Sistem Penyiraman Tetes Berbasis Internet Of Things (Iot),” 2023.
- [9] C. D. Saputra, E. Noerhayati, Dan A. Rokhmawati, “Evaluasi Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Di Desa Plalangan Kecamatan Jenangan Kabupaten Ponorogo,” *Jurnal Rekayasa Sipil (E-Journal)*, Vol. 13, No. 2, 2023.
- [10] M. Mishbahuddin, N. Wahib, B. Suprpto, And A. Bakhtiar, “Studi Evaluasi Efisiensi Jaringan Sekunder Pada Daerah Irigasi Menturus Kabupaten Mojokerto,” *Jurnal Rekayasa Sipil (E-Journal)*, Vol. 14, No. 2, Pp. 446–455, 2024.