

STUDI OPTIMASI PEMBAGIAN AIR IRIGASI PADA DAERAH IRIGASI BALONGGANGGANG SUKODADI LAMONGAN

Hilman Lathief¹, Eko Noerhayati² dan Azizah Rokhmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : khilmanlatif13@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 : azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRACT

This research aims to optimize irrigation water distribution in Balongganggang Irrigation Area, Sukodadi, Lamongan, to increase water use efficiency and agricultural profits. The current irrigation system is inefficient, leading to low land productivity and economic income. To solve this problem, a linear programming-based optimization method through solver software is used to determine the ideal water distribution pattern on each irrigation channel. The results of the system performance evaluation show that this optimization model can increase the reliability of the irrigation system by 100%, ensuring consistent and sufficient water supply. In addition to technical efficiency, the application of this model also provides a significant economic impact for farmers and irrigation managers.

Keywords: Irrigation Water, Profit, Optimization, Productivity, Linear Program

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah Irigasi Balongganggang yang terletak di Kecamatan Sukodadi, Kabupaten Lamongan, sangat bergantung pada sistem irigasi untuk mendukung kegiatan pertaniannya. Meskipun infrastruktur irigasi seperti waduk dan saluran sudah ada, distribusi air yang belum efisien menyebabkan ketidakseimbangan pasokan air dan penurunan hasil pertanian (Nurfaiziya *et al.*, 2022). Tidak adanya strategi pembagian air yang tepat membuat luas lahan yang bisa diairi terbatas, sehingga mengurangi keuntungan bagi petani setempat.

Dengan meningkatnya kebutuhan pangan dan dorongan untuk meningkatkan hasil pertanian, dibutuhkan pendekatan yang lebih baik dalam mengelola sumber daya air. Salah satu cara yang bisa diterapkan adalah dengan menggunakan model program linear untuk mengoptimalkan pembagian air irigasi. Metode ini memungkinkan pengelolaan air yang lebih efisien, memastikan pasokan air yang cukup ke setiap saluran irigasi, serta meningkatkan

keuntungan pertanian (Suprpto *et al.*, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model program linear dalam pembagian air irigasi.

Optimasi ini diharapkan tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi dan hasil pertanian, tetapi juga mendukung keberlanjutan pengelolaan sumber daya air di daerah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

1. Dengan kondisi irigasi Balongganggang saat ini, berapakah luas tanam dan keuntungan yang diperoleh?
2. Dalam pengoperasian pintu pengambilan irigasi Balongganggang, berapa debit yang dibutuhkan untuk pola tanam tersebut?
3. Pola tanam manakah yang dapat memaksimalkan keuntungan dari irigasi Balongganggang dengan mempertimbangkan debit yang tersedia?

1.3. Tujuan

1. Mengetahui area tanam dan pendapatan yang dihasilkan dalam

kondisi irigasi Balongganggang saat ini.

2. Mengetahui berapa banyak debit yang dibutuhkan untuk pola tanam yang diinginkan ketika pintu intake irigasi Balongganggang beroperasi.
3. Mengetahui pola tanam yang memaksimalkan keuntungan dari hasil optimasi linier pada irigasi Balongganggang dengan tetap memperhatikan debit yang tersedia.

1.4. Lingkup Pembahasan

1. Analisa Hidrologi
 - Uji konsistensi data hujan
 - Analisis curah hujan andalan
 - Analisa curah hujan efektif
2. Analisa Klimatologi
 - Perkolasi
 - Evapotranspirasi
3. Analisa Data Jenis Tanaman
 - Besarnya kebutuhan air tanaman
 - Perhitungan Kebutuhan Air di Sawah
 - Analisa Lapisan Air (WLR)
4. Analisa Debit Andalan
 - Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi
 - Neraca Air
5. Solver
 - Perumusan Model Optimasi dengan Program Linier
 - Analisan Sistem Pemberian Air
 - Hasil Optimasi

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Irigasi

Teknik mengalirkan air melalui saluran dan struktur buatan manusia yang dibuat khusus untuk membantu hasil pertanian dikenal sebagai irigasi. "Irigasi" berasal dari kata Belanda 'irigasi' dan istilah Inggris 'irrigation'. Agar industri pertanian dapat berkembang dengan baik, irigasi merupakan komponen yang vital. Agar pertanian dapat terus eksis dan berfungsi dengan baik, pasokan air irigasi harus ditangani secara bijaksana dan berkelanjutan (Wulandari *et al.*, 2020; Sembiring, 2016; Ahmada, 2022). Agar industri pertanian

mendapatkan manfaat yang sebesar-besarnya, pengelolaan dan penggunaan air irigasi harus dilakukan dengan cara yang adil dan merata.

2.2. Uji Konsistensi Data Hujan

Dengan menggunakan metode kurva massa ganda, pengujian konsistensi data memverifikasi apakah data stasiun curah hujan sesuai untuk digunakan. Pendekatan ini menggunakan tolok ukur koefisien determinasi untuk membandingkan data kumulatif dari stasiun yang diuji (dan telah dikoreksi) dengan data dari stasiun pengamatan lainnya. Data dianggap valid jika koefisien determinasi mendekati 100% (Rahmawati *et al.*, 2021). Ketidakkonsistenan data atau non komoditas yang bisa dialami dari hasil perhitungan data curah hujan dan mengakibatkan hasilnya menjadi tidak tepat, dengan kata lain Kurva massa ganda dapat digunakan untuk uji konsistensi ini, sehingga data curah hujan yang tidak konsisten dapat dikoreksi.

2.3. Curah Hujan Efektif

Curah hujan yang benar-benar dapat digunakan untuk mendorong pengembangan tanaman di suatu wilayah disebut sebagai curah hujan efektif. Jenis tanaman dapat mempengaruhi jumlah kebutuhan air yang diperlukan oleh suatu tanaman.. Angka R80, atau jumlah curah hujan yang dapat dicapai pada 80% kejadian-yaitu, yang dapat dilampaui pada 8 dari 10 kejadian-dapat digunakan untuk menentukan curah hujan efektif (Reff) (Chahayati & Sutrisno, 2014). Ini berarti bahwa kemungkinan curah hujan yang lebih rendah dari 80% tersebut hanya sekitar 20%.

2.4. Debit Andalan

Metode perencanaan tahun dasar digunakan dalam studi ini untuk menghitung debit andalan. Debit andalan dapat ditentukan dengan beberapa cara, masing-masing dengan sifat yang unik (Ismoyo, 2015). Jenis kepentingan yang ada, pengalaman, dan data yang dapat diakses biasanya diperhitungkan saat memilih pendekatan terbaik. Peluang kejadian dihitung dengan rumus Weibull :

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

3. METODOLOGI PENELITIAN

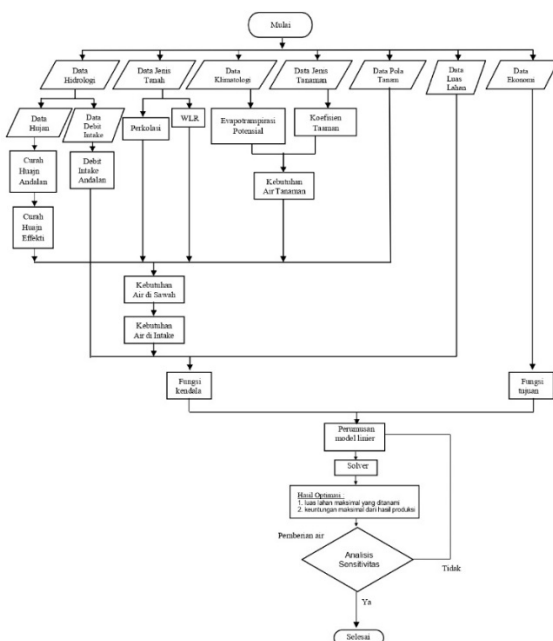
3.1. Lokasi Daerah Studi

Lokasi penelitian terletak di lokasi waduk Balonggang Sukodadi sampai kecamatan Sugio Lamongan dengan panjang irigasi sekitar 5 km. Pemanfaatan Potensi air dari Daerah Irigasi Balonggang yang ada untuk kepentingan irigasi



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian (PU SDA Kab. Lamongan)

3.2. Bagan Alir



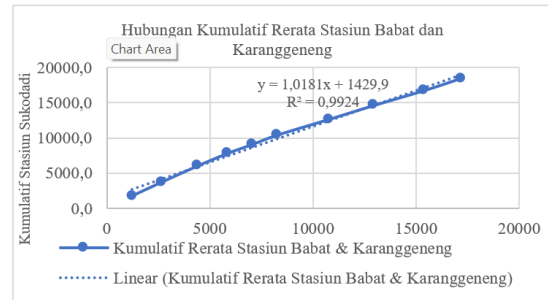
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

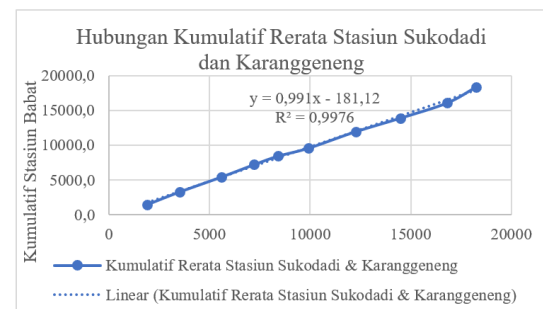
4.1. Uji Konsistensi Data Hujan

Studi ini menggunakan data curah hujan sekunder selama 10 tahun, dari tahun 2014

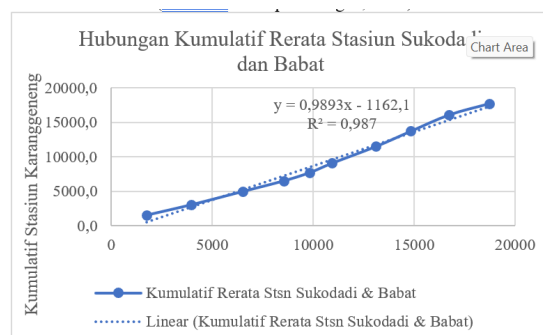
hingga 2023. Data dari tiga stasiun hujan, yaitu Stasiun Sukodadi (1), Stasiun Babat (2), dan Stasiun Karanggeneng (3), digunakan untuk menentukan rencana pola tanam yang dapat dijamin uji konsistensi setiap tahun. Untuk mengevaluasi konsistensinya menggunakan metode lengkung massa ganda (*Double mass curve*).



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Komulatif Stasiun Sukodadi Dengan Komulatif Rerata Stasiun Babat Dan Stasiun Karanggeneng (Sumber : Hasil perhitungan, 2024)



Gambar 1.2 Grafik Hubungan Komulatif Stasiun Babat Dengan Komulatif Rerata Stasiun Sukodadi Dan Stasiun Karanggeneng (Sumber : Hasil perhitungan, 2024)



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Komulatif Stasiun Karanggeneng Dengan Komulatif Rerata Stasiun Sukodadi Dan Stasiun Babat (Sumber : Hasil perhitungan, 2024)

4.2. Evapotranspirasi

Tabel 4.1. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi

No	URAIAN	RUMUS	SATUAN	BULAN											
				JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1	Suhu (t)	Data	(°C)	28	28	29	29	29	29	29	29	29	30	29	30
2	Kelembaban Relatif (RH)	Data	(%)	83,61	81,00	83,09	82,22	81,12	79,18	78,58	76,00	75,10	74,67	78,15	83,01
3	Lama Penyinaran (n/N)	Data	(%)	48,60	51,20	60,80	62,50	70,10	75,50	77,60	84,00	82,30	79,80	57,50	50,50
4	Kecepatan Angin (u)	Data	(m/dt)	4,665	3,988	3,080	2,886	3,226	3,203	4,439	4,315	3,986	4,028	3,023	2,840
5	Radiasi Gelombang Pendek (Rg)	Tabel	(mm/ha)	15,95	16,05	15,35	14,40	13,25	12,60	12,90	13,85	14,95	15,75	15,90	15,85
6	Tekanan Uap Jenuh (eg)	Tabel	(mbar)	33,62	31,69	33,62	33,62	33,62	31,69	31,69	31,69	31,69	35,66	33,62	33,62
7	Tekanan Uap Sebenarnya (ed)	eg * RH/100	(mbar)	28,11	25,67	27,93	27,64	27,27	25,09	24,90	24,08	23,79	26,62	26,27	27,90
8	Perbedaan Tekanan Uap (eg-ed)	(eg-ed)	(mbar)	5,510	6,019	5,685	5,975	6,345	6,596	6,787	7,606	7,891	9,031	7,346	5,712
9	Fungsi Angin, f(U)	$0,27 * (1 + 0,864 * U)$		2,348	2,007	1,550	1,452	1,624	1,612	2,234	2,172	2,006	2,027	1,521	1,429
10	Faktor Pembobot u dan RH (W)	1-W		0,245	0,255	0,245	0,245	0,245	0,255	0,255	0,255	0,255	0,235	0,245	0,245
11	Radiasi Bersih Gelombang Pendek (Rs)	$(0,25 + 0,54 ((n/N)/100))R_g$	(mm/hr)	4,436	4,688	5,290	5,110	5,266	5,387	5,656	6,532	6,894	7,037	5,187	4,572
12	Fungsi Suhu, f(t)	Tabel		15,90	15,65	15,90	15,90	15,90	15,65	15,65	15,65	15,65	16,10	15,90	15,90
13	Fungsi Tekanan Uap, f(ed)	$0,34 - 0,04 * ed^{0,5}$	(mbar)	0,128	0,137	0,129	0,130	0,131	0,140	0,140	0,144	0,145	0,134	0,135	0,129
14	Fungsi Kecerahan Matahari, f(n/N)	$0,1 + 0,9 n/N$		0,537	0,561	0,647	0,663	0,731	0,780	0,798	0,856	0,841	0,818	0,618	0,555
15	Radiasi Gelombang Panjang (Rn1)	$f(t) * f(ed) * f(n/N)$	(mm/hr)	1,093	1,205	1,323	1,366	1,524	1,703	1,754	1,925	1,906	1,760	1,325	1,135
16	Radiasi Matahari	$0,75 * R_s - R_{n1}$	(mm/hr)	2,507	2,612	2,975	2,808	2,807	2,763	2,926	3,456	3,741	3,958	2,896	2,578
17	Faktor Pembobot untuk Rn (W)	Tabel		0,755	0,745	0,755	0,755	0,755	0,745	0,745	0,745	0,745	0,765	0,755	0,755
18	Evaporasi (Eto*)	$w (0,75 R_s - R_{n1}) + (1 - w) * f(U) * (eg - ed)$	(mm/hr)	5,062	5,026	4,405	4,246	4,643	4,770	6,047	6,787	6,824	7,330	4,925	3,947
19	Angka Koreksi C	Tabel		1,100	1,100	1,000	1,000	0,950	0,950	1,000	1,000	1,100	1,100	1,100	1,100
20	Evapotranspirasi Potensial	C.ET	(mm/hr)	5,569	5,529	4,405	4,246	4,411	4,531	6,047	6,787	7,506	8,063	5,417	4,341

Dalam perhitungan evapotranspirasi potensial pada penelitian ini dirinci sesuai dengan tahapan-tahapan untuk menyelesaikan perhitungan nilai evapotranspirasi yang dicontohkan dengan menggunakan perhitungan untuk bulan Januari.

4.3. Perhitungan Kebutuhan Air

Tabel 4. 2 Perhitungan Kebutuhan Air Untuk Pengolahan Lahan

No	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	ET	(mm/hari)	5,57	5,53	4,41	4,25	4,41	4,53	6,05	6,79	7,51	8,06	5,42	4,34
2	ETo = ET x 1,10	(mm/hari)	6,13	6,08	4,85	4,67	4,85	4,98	6,65	7,47	8,26	8,87	5,96	4,78
3	P	(mm/hari)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
4	M = ETo + P	(mm/hari)	9,13	9,08	7,85	7,67	7,85	7,98	9,65	10,47	11,26	11,87	8,96	7,78
5	T	hari	31	28	31	30	31	30	31	30	30	31	30	31
6	S	mm	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
7	k=M.T/S	-	1,1	1,017	0,973	0,921	0,974	0,958	1,197	1,256	1,351	1,472	1,075	0,964
8	$IR = \frac{M \cdot e^k}{(e^k - 1)}$	(mm/hari)	13,47	14,23	12,61	12,75	12,62	12,95	13,83	14,63	15,19	15,4	13,6	12,57

Kebutuhan air untuk pengolahan lahan diperlukan untuk mendukung terciptanya kondisi tanah yang cukup lembab, agar proses persemaiannya tanaman. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dapat ditentukan secara empiris yaitu sebesar 250 mm, kebutuhan air untuk penjemuran dan penggenangan lahan (S) diambil sebesar 30

4.4. Debit Andalan

Tabel 4. 3 Pemasukan debit D.I.
Balongganggang per 10 hari (liter/detik)

Bulan	Periode	Q Th 2015	Q Th 2021	Q Andalan
Jan	I	3,883	3,437	3,526
	II	3,168	3,842	3,707
	III	4,059	3,951	3,973
Feb	I	3,334	3,793	3,701
	II	3,307	3,812	3,711
	III	4,015	3,703	3,765
Mar	I	3,278	3,526	3,476
	II	3,212	3,712	3,612
	III	3,972	3,705	3,758
Apr	I	4,063	3,752	3,814
	II	3,255	3,738	3,641
	III	4,041	3,694	3,763
Mei	I	4,072	3,597	3,692
	II	3,277	3,576	3,516
	III	3,984	3,608	3,683
Jun	I	3,976	3,603	3,678
	II	2,482	3,457	3,262
	III	1,035	3,610	3,095
Jul	I	1,035	3,551	3,048
	II	2,547	3,271	3,126
	III	2,623	2,666	2,657
Agust	I	1,750	2,874	2,649
	II	4,007	2,927	3,143
	III	3,948	2,908	3,116
Sep	I	3,782	2,900	3,076
	II	3,653	2,874	3,030
	III	3,223	2,48	2,629
Okt	I	3,602	2,47	2,696
	II	3,416	2,728	2,866
	III	3,241	2,409	2,575
Nop	I	3,156	2,41	2,559
	II	3,254	2,763	2,861
	III	3,981	2,714	2,967
Des	I	2,995	2,786	2,828
	II	4,086	2,545	2,853
	III	3,365	2,595	2,749

Studi ini akan menggunakan metode tahun dasar perencanaan, juga dikenal sebagai metode tahun dasar, yang memiliki tingkat keandalan 80%. Ini berarti ada kemungkinan 20% bahwa debit akan 20% lebih kecil dari debit andalan.

4.5. Luas Tanam Optimum Berdasarkan Debit Yang Akan Dialirkan

Tabel 4. 4 luas tanam optimum berdasarkan

debit yang akan dialirkan

1. Musim Tanam I : Padi	= 1688,8 Ha
Palawija	= 422,2 Ha
2. Musim Tanam II : Padi	= 1266,6 Ha
Palawija	= 844,4 Ha
3. Musim Tanam III : Padi	= 1161,05 Ha
Palawija	= 949,95 Ha

4.6. Pola Tanam Yang Sesuai Dengan Ketersediaan Air Yang Ada

Jumlah air yang dibutuhkan di lahan untuk setiap jenis tanaman akan ditentukan dengan menghitung pola tanam yang diinginkan.

1. Alternatif I : Padi – Padi / Palawija - Padi / Palawija
2. Alternatif II : Padi / Palawija - Padi / Palawija – Padi / Palawija
3. Alternatif III : Padi / Palawija – Padi / Palawija – Padi/ Palawija

Dalam perencanaan pola tanam ini akan menggunakan tiga kemungkinan pola tanam dengan rincian yang berbeda.

Tabel 4. 5 PTT Alternatif

Alternatif	Padi	Palawija
Exsisting	80%	20%
	60%	40%
	55%	45%
I	100%	0%
	70%	30%
	20%	80%
II	70%	30%
	50%	50%
	10%	90%
III	50%	50%
	50%	50%
	50%	50%

4.7. Rekapitulasi kebutuhan air irigasi

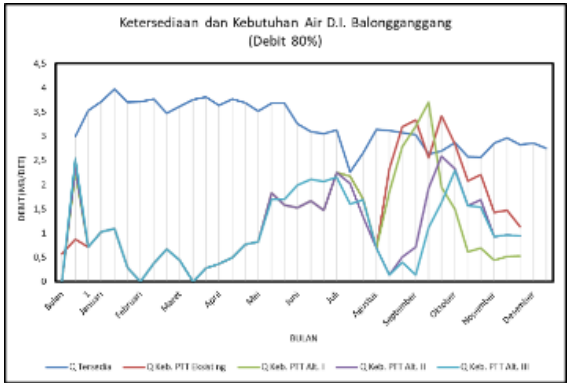
Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Irigasi

No	Pola Tanam	Periode/ MT	Volume Air (m ³ /ha)	
			Padi	Palawija
1	PTT Eksisting	I	6203,986	0,000
		II	10472,947	745,859
		III	21017,214	4384,841
2	PTT Alternatif I	I	4128,573	0,000
		II	7375,221	483,317
		III	7929,738	2841,377
3	PTT Alternatif II	I	4361,808	62,546
		II	7375,221	483,317
		III	6277,823	2548,212
4	PTT Alternatif III	I	4362,253	163,163
		II	7375,499	1313,127
		III	6277,823	1332,318

4.8. Neraca Air

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Neraca Air (m3/dt)

Bulan	Periode	Q Tersedia	PTT Eksisting		PTT Alternatif I		PTT Alternatif II		PTT Alternatif III	
			Q keb	Q Lebih	Q keb	Q Lebih	Q Keb	Q Lebih	Q keb	Q Lebih
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Januari	I	3,526	2,960	0,000	3,526	0,000	3,526	0,000	3,526	0,566
	II	3,707	2,832	2,250	1,457	2,361	1,346	2,542	1,166	0,876
	III	3,973	3,264	0,709	3,264	0,709	3,264	0,709	3,264	0,709
Februari	I	3,701	2,673	1,028	2,673	1,028	2,673	1,028	2,673	1,028
	II	3,711	2,623	1,088	2,623	1,088	2,623	1,088	2,623	1,088
	III	3,765	3,474	0,291	3,474	0,291	3,474	0,291	3,474	0,291
Maret	I	3,476	3,476	0,000	3,476	0,000	3,476	0,000	3,476	0,000
	II	3,612	3,239	0,373	3,239	0,373	3,239	0,373	3,239	0,373
	III	3,758	3,092	0,666	3,092	0,666	3,092	0,666	3,092	0,666
April	I	3,814	3,371	0,444	3,371	0,444	3,371	0,444	3,371	0,444
	II	3,641	3,641	0,000	3,641	0,000	3,641	0,000	3,641	0,000
	III	3,763	3,481	0,282	3,481	0,282	3,481	0,282	3,481	0,282
Mei	I	3,692	3,333	0,359	3,333	0,359	3,333	0,359	3,333	0,359
	II	3,516	3,026	0,490	3,026	0,490	3,026	0,490	3,026	0,490
	III	3,683	2,915	0,768	2,915	0,768	2,915	0,768	2,915	0,768
Juni	I	3,678	2,854	0,823	2,854	0,823	2,854	0,824	2,854	0,823
	II	3,262	1,431	1,831	1,431	1,831	1,431	1,694	1,568	1,831
	III	3,095	1,523	1,572	1,523	1,572	1,523	1,694	1,401	1,572
Juli	I	3,048	1,520	1,528	1,520	1,528	1,520	1,994	1,054	1,528
	II	3,126	1,457	1,669	1,457	1,669	1,457	2,105	1,021	1,669
	III	2,257	0,785	1,473	0,785	1,473	0,785	2,070	0,187	1,473
Agustus	I	2,649	0,401	2,248	0,401	2,248	0,401	2,147	0,503	2,248
	II	3,143	0,968	2,175	0,968	2,017	1,126	1,602	1,541	2,175
	III	3,116	1,412	1,704	1,412	1,339	1,777	1,686	1,430	1,704
September	I	3,076	2,385	0,691	2,385	0,691	2,385	0,691	2,385	0,691
	II	3,030	0,707	1,846	1,184	0,134	2,896	0,134	2,896	2,323
	III	2,629	0,000	2,782	-0,15	0,500	2,129	0,399	2,230	3,194
Oktober	I	2,696	0,000	3,205	-0,508	0,714	1,983	0,141	2,555	3,332
	II	2,866	0,312	3,704	-0,83	1,927	0,939	1,109	1,757	2,553
	III	2,575	0,000	1,942	0,634	2,584	-0,009	1,636	0,940	3,420
Nopember	I	2,559	-0,275	1,494	1,065	2,321	0,238	2,297	0,262	2,834
	II	2,861	0,785	0,612	2,250	1,564	1,298	1,564	1,298	2,077
	III	2,967	0,767	0,685	2,282	1,688	1,280	1,540	1,428	2,201
Desember	I	2,828	1,397	0,445	2,383	0,926	1,901	0,926	1,901	1,431
	II	2,853	1,388	0,512	2,341	0,961	1,892	0,961	1,892	1,466
	III	2,749	1,610	0,525	2,224	0,941	1,808	0,941	1,808	1,139



Gambar 4. 1. Grafik neraca air

Setelah perhitungan volume kebutuhan

air yang disebutkan di atas, neraca air akan dibuat untuk membandingkan debit yang tersedia dengan kebutuhan air irigasi. Setelah itu, alternatif yang memiliki kelangkaan air paling sedikit akan dipilih.

4.9. Neraca Air

Manfaat bersih produksi pertanian adalah harga jual produksi pertanian dengan semua biaya yang diperlukan untuk memproduksinya. Untuk menghitung manfaat bersih air irigasi per m³, manfaat bersih produksi pertanian dibagi dengan jumlah air yang dibutuhkan untuk proses produksi.

Tabel 4. 8 Manfaat Bersih Irigasi Sawah per Hektar

No	Keterangan	Padi			Palawija (Jagung)		
		Kebutuhan / Hasil	Harga Rp	Total Rp	Kebutuhan / Hasil	Harga Rp	Total Rp
1	Benih / Bibit	40 Kg / Ha	17000 / Kg	680000	80 Kg / Ha	293,28 / Kw	23462,4
2	Pupuk						
	Urea	100 kg / Ha	2250/Kg	225000	6 Kw / Ha	2250/Kg	1200000
	NPK	300 kg / Ha	3000/kg				
	SP 26	100 kg/Ha	1900/kg	190000			
	Phonska				2 kw / Ha	3000/kg	600000
	Organik	500 kg/ Ha	800/kg	400000			
3	Tenaga						
	Manusia			540000			540000
	Hewan			525000			
4	Obat-obatan						
	Temik	1 Paket	400.000/Paket	400.000	1 Liter	250.000 / Liter	250000
5	Total Biaya Produksi			2960000			2613462,4
6	Hasil Produksi	6 ton/Ha	2.100.000/to	12600000	5.5 ton/Ha	3900000 / ton	21450000
7	Manfaat			Rp 9.640.000			Rp 18.836.538

4.10. Analisis Model Matematika

1. Fungsi sasaran, yaitu persamaan yang berisi variabel bebas yang akan dioptimumkan. Bentuk fungsinya adalah memaksimumkan keuntungan.
2. Fungsi kontrol, yaitu persamaan yang membatasi kegunaan utama. Batasan dalam studi ini yaitu besar volume debit dan luas lahan.
Fungsi kontrol volume air irigasi kontrol volume saluran untuk Daerah Irigasi Balongganggang didapat dari total perhitungan pada tabel 4.19 adalah sebesar:
 - Periode I : $35,331 \times 10^6$
 - Periode II : $36,355 \times 10^6$
 - Periode III : $28,908 \times 10^6$
3. Fungsi kendala volume air irigasi Balongganggang didapat dari input nilai tanaman padi dan palawija

Tabel 4.9. Fungsi Kendala Volume Air Irigasi

1	Pola Tanam Eksisting		
K1	$= \left(6203,986 \times \sum_{n=1}^9 X_n \right) + \left(0,000 \times \sum_{n=10}^9 X_n \right) \leq 35,331 \times 10^6$		
K2	$= \left(10472,947 \times \sum_{n=19}^9 X_n \right) + \left(745,859 \times \sum_{n=28}^9 X_n \right) \leq 36,355 \times 10^6$		
K3	$= \left(21017,214 \times \sum_{n=37}^9 X_n \right) + \left(4384,841 \times \sum_{n=46}^9 X_n \right) \leq 28,908 \times 10^6$		
2	Pola Tanam Alternatif I		
K4	$= \left(4128,537 \times \sum_{n=1}^9 X_n \right) + \left(0,000 \times \sum_{n=10}^9 X_n \right) \leq 35,331 \times 10^6$		
K5	$= \left(7375,221 \times \sum_{n=19}^9 X_n \right) + \left(483,317 \times \sum_{n=28}^9 X_n \right) \leq 36,355 \times 10^6$		
K6	$= \left(7929,738 \times \sum_{n=37}^9 X_n \right) + \left(2841,377 \times \sum_{n=46}^9 X_n \right) \leq 28,908 \times 10^6$		
3	Pola Tanam Alternatif II		
K7	$= \left(4361,808 \times \sum_{n=1}^9 X_n \right) + \left(62,546 \times \sum_{n=10}^9 X_n \right) \leq 35,331 \times 10^6$		
K8	$= \left(7375,221 \times \sum_{n=19}^9 X_n \right) + \left(483,317 \times \sum_{n=28}^9 X_n \right) \leq 36,355 \times 10^6$		
K9	$= \left(6277,823 \times \sum_{n=37}^9 X_n \right) + \left(2548,212 \times \sum_{n=46}^9 X_n \right) \leq 28,908 \times 10^6$		
4	Pola Tanam Alternatif III		
K10	$= \left(4362,253 \times \sum_{n=1}^9 X_n \right) + \left(163,163 \times \sum_{n=10}^9 X_n \right) \leq 35,331 \times 10^6$		
K11	$= \left(7375,449 \times \sum_{n=19}^9 X_n \right) + \left(1313,127 \times \sum_{n=28}^9 X_n \right) \leq 36,355 \times 10^6$		
K12	$= \left(6277,823 \times \sum_{n=37}^9 X_n \right) + \left(1332,318 \times \sum_{n=46}^9 X_n \right) \leq 28,908 \times 10^6$		

Tabel 4.10. Fungsi Kendala LuasLahan Irigasi

Keterangan	Fungsi Kendala Luas Tanam			
Musim Tanam I	K1 =>	X1+X4	=	747,9 Ha
	K2 =>	X2+X5	=	662,5 Ha
	K3 =>	X3+X6	=	700,6 Ha
Musim Tanam II	K4 =>	X7+X10	=	747,9 Ha
	K5 =>	X8+X11	=	662,5 Ha
	K6 =>	X9+X12	=	700,6 Ha
Musim Tanam III	K7 =>	X13+X16	=	747,9 Ha
	K8 =>	X14+X17	=	662,5 Ha
	K9 =>	X15+X18	=	700,6 Ha

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Luas Tanam pada Kondisi Eksisting

a. Musim Tanam I:

- Padi: 1.688,8 ha
- Palawija: 422,2 ha

b. Musim Tanam II:

- Padi: 1.266,6 ha
- Palawija: 844,4 ha

c. Musim Tanam III:

- Padi: 1.161,05 ha
- Palawija: 949,95 ha

Keuntungan pada Kondisi Eksisting

Pola tata tanam eksisting menghasilkan keuntungan total sebesar Rp81.434.705.417,-.

2. Besar debit yang dibutuhkan

Musim Tanam I

Debit yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi adalah:

Padi: 4.958,151 m³/ha

Palawija: Tidak memerlukan debit tambahan pada musim ini.

• Musim Tanam II

Debit kebutuhan air meningkat pada musim tanam ini:

Padi: 10.472,947 m³/ha

Palawija: 745,859 m³/ha

• Musim Tanam III

Musim tanam ini membutuhkan debit tertinggi karena tingginya kebutuhan air untuk padi dan palawija:

Padi: 21.017,214 m³/ha

Palawija: 4.384,841 m³/ha

3. Keuntungan maksimum yang diperoleh adalah pada pola tata tanam alternatif I, dengan total Rp 151.929.316.707,-.

Kesimpulan ini menunjukkan bahwa optimasi menggunakan program linier mampu meningkatkan luas area yang diairi, efisiensi penggunaan air, dan keuntungan yang diperoleh dari pengelolaan air irigasi di Daerah Irigasi Balongganggang, Sukodadi, Lamongan.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut:

Pola tata tanam di Daerah Irigasi Balongganggang perlu dioptimalkan dengan menyesuaikan ketersediaan debit andalan dan kebutuhan air irigasi. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan keuntungan maksimal bagi petani.

Penjadwalan irigasi yang lebih terencana perlu diterapkan, terutama pada musim tanam dengan kebutuhan air yang tinggi, seperti musim tanam III. Hal ini dapat membantu memastikan distribusi air yang lebih efisien dan mengurangi potensi konflik antar pengguna air. Infrastruktur irigasi, termasuk saluran primer, sekunder, dan tersier, perlu diperbaiki dan dirawat secara rutin untuk memastikan distribusi air berjalan lancar tanpa kehilangan yang signifikan.

Sosialisasi kepada petani tentang manfaat pola tanam yang dioptimalkan dan manajemen irigasi yang lebih efisien sangat penting dilakukan. Pelatihan ini akan membantu petani memahami cara meningkatkan hasil pertanian dan memaksimalkan keuntungan dengan sumber daya air yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- Wulandari, T., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2020). Evaluasi Kebutuhan Air Irigasi dan Pola Operasi Embung Malangsuko Tumpang Kabupaten Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(1), 63-71.
- Chahayati, C., & Sutrisno, D. (2014). FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS WIRARAJA SUMENEP-MADURA *Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil PENGARUH DEBIT AIR TERHADAP POLA TATA TANAM PADA BAKU SAWAH DI DAERAH IRIGASI*

- KEBONAGUNG KABUPATEN SUMENEP. 2(2), 30–39.
- Ismoyo, M. J. (2015). Pengaturan Pintu Irigasi Mrican Kanan Dalam Pengoperasian kebutuhan Air Irigasi. *Jurnal Teknik Pengairan*, 1(2), 1–10. <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/view/108>
- Nurfaiziya, S., Runiawati, N., & Muftiadi, A. (2022). Optimalisasi Pelayanan Perencanaan Kapasitas Air Bersih di Perumda Air Minum Tirta Intan. *Perspektif*, 11(3), 1022–1032. <https://doi.org/10.31289/perspektif.v11i3.6836>
- Rahmawati, S., Rahmawati, A., & Rachmawati, A. (2021). Ecodrainage System Evaluation and Control of Floods in Jombang District, East Java. *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE)*, 1(2), 83. <https://doi.org/10.33474/jice.v1i2.10996>
- Suprpto, B., Noerhayati, E., Dwisulo, B., & Prayogo, T. B. (2019). Optimization of Water Supply Systems on Tumpang Irrigation Area With Linear Program . *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 10(5), 651–659.
- Wulandari, T., Noerhayati, E., & Rachmawati, A. (2020). Evaluasi Kebutuhan Air Irigasi dan Pola Operasi Embung Malangsuko Tumpang Kabupaten Malang 1. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(1), 63–71.
- Sembiring, C. E. (2016). Analisis Debit Air Irigasi (Suplai Dan Kebutuhan) Di Sekampung Sistem (Doctoral dissertation, Universitas Lampung).
- Ahmada, F. B. (2022). Penerapan Analisis Rasio Manfaat Biaya Operasionalisasi Saluran Irigasi Daerah Irigasi Studi Kasus: Daerah Irigasi Kanoman Kabupaten Sleman