

Analisis Neraca Air Daerah Irigasi Loning-Kragilan

Danang Dwi Kristanto^{1,*}, Agung Setiawan¹, Muhammad Taufik¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo¹

danangkristanto@gmail.com

Abstrak. Lokasi penelitian dilakukan di Bendung Kedungglagah, stasiun klimatologi Kradenan dan tiga stasiun hujan yaitu stasiun Loning, Gebang, dan Kutoarjo. Penelitian ini bertujuan untuk: mengetahui ketersediaan air DI Loning-Kragilan, mendapatkan kebutuhan air irigasi DI Loning-Kragilan untuk kebutuhan padi dan palawija, mendapatkan neraca air DI Loning-Kragilan, dan mendapatkan pola tanam untuk mencapai Indeks Pertanaman 300% di DI Loning-Kragilan. Analisis ketersediaan air menggunakan data debit dari BPSDA Probolo dengan rerata 11 tahun menggunakan metode basic month, analisis kebutuhan air yang meliputi perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman-Monteith dibantu Cropwat 8.0, analisis curah hujan dengan rentang waktu 10 tahun, serta analisis neraca air dengan membandingkan ketersediaan dan kebutuhan air. Ketersediaan air DI Loning-Kragilan terbesar pada periode Maret I yaitu 7,07 m³/detik dan terkecil pada periode Oktober II yaitu 0,43 m³/detik. Kebutuhan air DI Loning-Kragilan dengan pola tanam padi-padi-palawija didapatkan nilai tertinggi yaitu 2,79 m³/detik di bulan Mei periode I, terendah yaitu 0,00 m³/detik di bulan Februari periode II, sedangkan dengan pola tanam alternatif padi-padi (1.290,86 ha) dan jagung (604,68 ha)–kedelai didapatkan nilai tertinggi yaitu 2,44 m³/detik di bulan Mei periode I, terendah yaitu 0,00 m³/detik di bulan Februari periode II. Berdasarkan neraca air DI Loning-Kragilan persentase faktor k 0,75 – 1,00 sebelum alternatif sebesar 91,67% dan sesudah alternatif sebesar 83,33 %. Persentase faktor k 0,50 – 0,75 sebelum alternatif sebesar 8,33 % dan sesudah alternatif sebesar 16,67%. Kesimpulan Indeks Pertanaman sebelum alternatif sebesar 254,63% dan sesudah alternatif sebesar 300%.

Kata Kunci : ketersediaan air, kebutuhan air, neraca air, indeks pertanaman

Abstrack. *The research locations were at Kedungglagah Bend, Kradenan climatology station and three rain stations, namely Loning, Gebang and Kutoarjo stations. This research aims to: determine the water availability of DI Loning-Kragilan, obtain the irrigation water needs of DI Loning-Kragilan for rice and secondary crops, obtain the water balance of DI Loning-Kragilan, and obtain planting patterns to achieve a Cropping Index of 300% in DI Loning-Kragilan. Analysis of water availability using discharge data from BPSDA Probolo with an average of 11 years using the basic month method, analysis of water needs which includes calculating evapotranspiration using the Penman-Monteith method assisted by Cropwat 8.0, analysis of rainfall over a period of 10 years, and analysis of water balance by comparing availability and water needs. Water availability in DI Loning-Kragilan was greatest in the March period I, namely 7.07 m³/second and the smallest in the October period II, namely 0.43 m³/second. The water requirement of DI Loning-Kragilan with the paddy-paddy-palawija planting pattern obtained the highest value, namely 2.79 m³/second in May period I, the lowest was 0.00 m³/second in February period II, while with the alternative paddy planting pattern – paddy (1,290.86 ha) and corn (604.68 ha) – soybeans obtained the highest value, namely 2.44 m³/second in May period I, the lowest was 0.00 m³/second in February period II. Based on the water balance of DI Loning-Kragilan, the k factor percentage is 0.75 – 1.00 before the alternative is 91.67% and after the alternative is 83.33%. The percentage of k factor 0.50 – 0.75 before the alternative is 8.33% and after the alternative is 16.67%. Conclusion: The Planting Index before the alternative was 254.63% and after the alternative it was 300%.*

Keyword : *water availability, water needs, water balance, crop index*

1. Pendahuluan

Daerah Irigasi (DI) Loning-Kragilan merupakan Daerah Irigasi yang terletak di Kabupaten Purworejo. Luas DI Loning-Kragilan meliputi 3 Kecamatan yaitu Kecamatan Kemiri, Kecamatan Gebang, dan Kecamatan Kutoarjo. Bendung Kedungglagah merupakan sumber DI Loning-Kragilan yang dibangun pada tahun 1982. DI Loning-Kragilan memiliki panjang saluran 46,42 km, dengan luas areal 2.532 Ha. DI Loning-Kragilan dikelola oleh Dinas PUSADATARU Provinsi Jawa Tengah di wilayah kerja Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Progo Bogowonto Luk Ulo (Balai PSDA Probolo, 2023).

Pengelolaan sumber daya air di Kabupaten Purworejo, khususnya di Daerah Irigasi Loning-Kragilan seperti pengendalian air, pemanfaatan air, pengendalian pencemaran atau pengelolaan mutu air merupakan kegiatan yang sangat penting untuk mengetahui kebutuhan air yang diperlukan. Daerah Irigasi Kragilan memiliki efisiensi saluran sekunder 83,16% dengan terdapat beberapa lining saluran yang rusak (Setiaji, 2020).

Berdasarkan data yang didapatkan dari Balai PSDA Progo Bogowonto Luk Ulo pada tahun 2022, DI Loning-Kragilan memiliki permasalahan dimana Indeks Pertanaman tidak mencapai 300% yaitu sebesar 243%, hal ini dikarenakan kondisi neraca air yang kurang optimal, dimana ketersediaan air belum mencukupi kebutuhan air setiap tahunnya. Salah satu upaya untuk menaikkan Indeks Pertanaman di Daerah Irigasi Loning-Kragilan yaitu dengan menggeser pola tanam sesuai ketersediaan air. Pola tanam yang digeser diharapkan dapat memberikan hasil yang optimal (mendapatkan Indeks Pertanaman 300%), untuk itu perlu dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Neraca Air Daerah Irigasi Loning-Kragilan”.

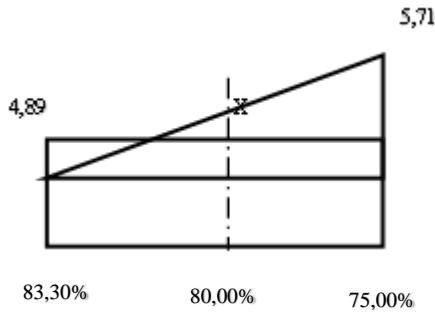
2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian di DI Loning-Kragilan yang terletak di tiga Kecamatan di Kabupaten Purworejo, yaitu Kecamatan Kemiri, Kecamatan Gebang dan Kecamatan Kutoarjo. Penelitian dilakukan pada bulan April – Juli tahun 2023. Data pada penelitian ini meliputi data debit Bendung Kedungglagah, data curah hujan dari 3 stasiun curah hujan yaitu stasiun Sawangan, Stasiun Gebang dan Stasiun Kutoarjo, serta data klimatologi yang didapatkan dari Balai PSDA Progo Bogowonto Luk Ulo. Analisis ketersediaan air menggunakan data debit setengah bulanan *basic month*, dari BPSDA Probolo dengan rerata 11 tahun menggunakan metode Weibull. Analisis kebutuhan air yang meliputi perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman-Monteith dibantu Cropwat 8.0, analisis curah hujan dengan rentang waktu 10 tahun, serta analisis neraca air dengan membandingkan ketersediaan dan kebutuhan air.

3. Hasil Penelitian

3.1 Analisis Ketersediaan Air

Rekapitulasi data debit setengah bulanan dengan rentang waktu 11 tahun terakhir diurutkan dari yang terbesar ke terkecil untuk menentukan debit andalan. Probabilitas yang mendekati 80% yaitu 75,00% dan 83,30%. Perhitungan Q80% yaitu dengan menginterpolasi batas atas dan batas bawah data debit. Hasil perhitungan analisis ketersediaan air dapat dilihat pada **Tabel 1**. Berikut contoh perhitungan interpolasi pada periode Januari 1:



$$X = \frac{(5,71-4,89) \times (83,30-80)}{(83,30 - 75,00)} = 0,33$$

$$Q_{80\%} = 4,89 + 0,33$$

$$Q_{80\%} = 5,22 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 1. Hasil Debit Setengah Bulanan (Q_{80})

Tahun	Januari		Pebruari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		Nopember		Desember		Probabilitas (%)
	Jan-1	Jan-2	Peb-1	Peb-2	Mar-1	Mar-2	Apr-1	Apr-2	Mei-1	Mei-2	Jun-1	Jun-2	Jul-1	Jul-2	Ags-1	Ags-2	Sep-1	Sep-2	Okt-1	Okt-2	Nop-1	Nop-2	Des-1	Des-2	
1	10,93	11,25	15,64	10,17	12,74	11,07	10,31	12,18	9,05	7,48	7,92	9,50	6,82	6,91	3,45	3,16	7,03	14,75	13,22	7,70	10,89	12,37	11,30	28,94	8,3
2	9,35	9,87	11,83	9,03	10,22	10,71	9,80	8,89	8,67	6,98	6,59	5,89	5,76	4,58	2,22	1,84	3,27	9,96	7,54	7,44	7,15	8,70	11,14	13,78	16,7
3	9,68	9,43	11,28	8,88	10,21	10,58	7,35	8,67	7,36	6,87	6,10	5,83	5,07	4,14	2,21	1,48	2,01	1,32	1,33	3,46	6,66	8,52	9,25	9,12	25,0
4	9,47	8,65	10,09	7,87	9,50	8,87	7,35	8,24	7,25	5,90	4,84	4,69	2,60	1,61	1,97	1,47	1,29	0,93	0,89	2,97	5,20	7,16	8,10	7,98	33,3
5	8,34	8,30	9,98	7,85	8,63	7,90	7,31	7,79	6,85	4,71	3,13	2,67	1,98	1,55	1,26	0,91	1,04	0,88	0,85	1,95	4,24	6,12	5,89	7,80	41,7
6	8,24	8,29	7,01	7,84	8,10	7,34	7,28	6,92	5,69	4,33	2,94	2,36	1,90	1,29	1,10	0,84	0,80	0,86	0,75	1,35	2,90	5,61	5,74	7,39	50,0
7	7,25	7,49	6,87	7,67	7,61	6,86	7,04	6,82	5,64	3,22	2,53	2,34	1,45	1,27	0,93	0,82	0,79	0,73	0,71	0,92	1,34	3,60	5,54	6,81	58,3
8	6,44	7,23	6,46	7,03	7,41	6,47	6,73	6,29	4,76	3,15	2,27	2,04	1,39	1,19	0,93	0,79	0,77	0,65	0,61	0,85	1,24	3,12	5,40	6,47	66,7
9	5,71	6,74	5,45	6,90	7,07	6,10	6,01	6,08	4,18	3,15	2,21	1,93	1,37	1,15	0,91	0,78	0,76	0,61	0,53	0,48	1,14	2,03	4,81	6,24	75,0
10	4,89	6,12	5,25	6,03	7,07	5,77	5,17	4,53	3,19	3,11	2,08	1,69	1,22	1,13	0,75	0,72	0,58	0,46	0,46	0,40	1,04	1,83	3,72	5,90	83,3
11	3,93	5,24	5,16	5,66	5,74	4,46	5,04	4,48	3,08	2,95	1,24	1,46	1,21	1,03	0,68	0,70	0,52	0,45	0,40	0,29	0,95	0,59	1,69	3,04	91,7
Q80%	5,22	6,37	5,33	6,38	7,07	5,91	5,51	5,15	3,59	3,13	2,13	1,79	1,28	1,13	0,82	0,75	0,65	0,52	0,49	0,43	1,08	1,91	4,16	6,03	80,00

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan **Tabel 1.** di atas didapatkan debit andalan 80% terbesar yaitu 7,07 m³/detik pada periode Maret I dan terkecil yaitu 0,43 m³/detik pada periode Oktober II.

3.2 Analisis Kebutuhan Air

a. Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode Penman-Monteith dibantu dengan menggunakan *software Cropwat 8.0*. DI Loning-Kragilan memiliki tinggi 60 mdpl sedangkan stasiun klimatologi Kradenan memiliki tinggi 15 mdpl, sehingga perhitungan evapotranspirasi potensial dibutuhkan koreksi data untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Data yang dikoreksi yaitu suhu, kecepatan angin, dan lama penyinaran. Hasil koreksi data klimatologi satu bulanan Stasiun Kradenan tahun 2013 dapat dilihat pada **Tabel 2**. Berikut contoh koreksi data pada bulan Januari:

Koreksi terhadap suhu:

$$T_c = T - 0,006 \times \delta E$$

$$T_c = 25,20 - 0,006 \times (60-15) = 24,93 \text{ }^\circ\text{C}$$

Koreksi terhadap kecepatan angin:

$$U_{2c} = U_2 (L_i/L_p)^{1/7}$$

$$U_{2c} = 67,27 (60/15)^{1/7} = 82,00 \text{ km/hari}$$

Koreksi terhadap lama penyinaran:

$$n/N_c = n/N - 0,01 (L_i - L_p)$$

$$n/N_c = 4,97 - 0,01 \times (60-15) = 4,52 \text{ jam}$$

Tabel 2. Hasil Koreksi Data Klimatologi Stasiun Kradenan Tahun 2013

Bulan	Data				Koreksi Data		
	T (°C)	RH (%)	U2 (km/hari)	n/N (jam)	Tc (°C)	U2c (km/hari)	n/Nc (jam)
Januari	25,20	84,65	67,27	4,97	24,93	82,00	4,52
Februari	24,62	80,52	54,33	5,59	24,35	66,23	5,14
Maret	25,60	86,19	52,50	6,12	25,33	63,99	5,67
April	25,44	86,93	52,53	6,11	25,17	64,03	5,66
Mei	25,32	84,84	57,89	5,82	25,05	70,57	5,37
Juni	24,41	90,47	51,73	4,73	24,14	63,06	4,28
Juli	23,55	85,68	76,35	6,32	23,28	93,08	5,87
Agustus	23,00	84,48	93,19	8,65	22,73	113,60	8,20
September	24,70	90,17	104,95	7,33	24,43	127,93	6,88
Oktober	25,19	84,16	108,82	7,47	24,92	132,66	7,02
November	24,98	87,87	74,78	5,08	24,71	91,16	4,63
Desember	24,60	89,77	66,34	3,49	24,33	80,86	3,04

Sumber : hasil perhitungan

Rekapitulasi evapotranspirasi potensial tahun 2013 – 2022 dapat dilihat pada **Tabel 3.** berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi (mm/hari)

Tahun	Stasiun	Eto (mm/hari)					
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
2013	Kradenan	3,42	3,56	3,63	3,37	3,03	2,52
2014		3,08	3,16	3,58	3,57	3,43	2,98
2015		3,24	3,55	3,42	3,16	3,41	3,22
2016		3,55	3,19	3,55	3,34	3,10	3,06
2017		2,74	3,10	3,20	3,02	3,01	2,75
2018		2,67	3,22	3,35	3,33	3,14	2,81
2019		3,18	3,49	3,23	3,52	3,48	3,08
2020		3,44	3,34	3,18	3,44	3,06	3,17
2021		2,84	3,14	3,41	3,27	3,26	2,66
2022		3,09	2,86	3,17	3,44	2,43	2,46
Rerata		3,13	3,26	3,37	3,35	3,14	2,87

Tahun	Stasiun	Eto (mm/hari)					
		Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2013	Kradenan	2,89	3,54	3,60	4,02	3,36	2,87
2014		2,97	3,63	3,97	4,09	3,26	2,87
2015		3,36	3,53	3,87	4,00	3,62	3,37
2016		3,09	3,53	3,25	2,97	2,79	2,69
2017		2,53	2,91	3,06	3,13	2,57	3,10
2018		2,90	2,96	3,08	3,46	3,20	2,82
2019		2,98	3,58	3,62	3,80	3,79	3,54
2020		2,95	3,38	3,24	3,13	3,20	2,93
2021		2,90	3,13	3,03	3,05	3,08	3,28
2022		2,68	2,74	3,26	2,58	2,92	2,83
Rerata		2,93	3,29	3,40	3,42	3,18	3,03

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan **Tabel 3.** hasil perhitungan evapotranspirasi rerata tahun 2013 – 2022 didapatkan nilai terbesar yaitu 3,42 mm/hari pada bulan Oktober dan nilai terkecil yaitu 2,87 mm/hari pada bulan Juni.

b. Curah Hujan Andalan

Rekapitulasi curah hujan setengah bulanan dengan rentang waktu 10 tahun terakhir diurutkan dari yang terbesar ke terkecil untuk menentukan debit andalan. Probabilitas yang mendekati 80% yaitu 72,73% dan 81,82%. Perhitungan R_{80} yaitu dengan menginterpolasi batas atas dan batas bawah data debit. Hasil perhitungan curah hujan andalan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rekapitulasi Curah Hujan Andalan (R_{80}) *basic month* Setengah Bulanan (mm)

No	Bulan																								Probabilitas
	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember		
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
1	332,33	338,67	508,67	200,67	421,00	464,00	198,00	232,00	234,67	231,33	226,33	333,33	134,33	59,67	72,00	46,67	94,00	338,67	353,00	261,00	282,67	457,33	349,67	509,67	9,09
2	324,33	278,33	281,33	196,33	296,00	273,33	183,00	181,00	131,67	186,33	191,00	160,00	131,00	26,00	60,33	5,00	60,67	57,00	333,67	211,00	279,67	351,67	319,00	494,67	18,18
3	316,67	254,33	269,67	182,33	254,33	269,00	162,67	154,67	126,67	163,00	142,33	151,00	48,67	19,00	13,33	3,00	34,67	32,00	56,00	172,33	247,00	340,33	299,67	453,67	27,27
4	311,67	250,00	265,67	174,67	180,33	232,33	146,67	150,00	71,67	118,00	39,00	76,67	37,00	13,00	9,67	1,67	13,00	21,00	54,67	138,00	218,33	334,67	266,33	293,00	36,36
5	294,67	248,00	261,00	163,67	170,33	202,67	140,00	134,67	65,00	44,67	14,67	74,33	24,67	9,67	4,67	1,00	4,00	15,00	4,67	115,33	217,00	190,33	214,33	243,67	45,45
6	220,33	238,67	195,00	145,67	137,33	159,00	137,67	127,67	56,00	41,00	8,67	59,00	8,00	9,00	3,67	1,00	1,00	4,00	3,67	90,67	171,33	184,33	198,67	220,33	54,55
7	215,67	172,33	178,00	121,00	132,33	157,67	136,33	104,33	45,67	21,33	1,67	9,00	3,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	15,00	167,00	119,67	176,67	176,00	63,64
8	173,33	157,67	177,00	112,00	129,33	131,00	122,00	90,00	36,00	10,00	1,33	1,33	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	6,33	158,33	95,00	158,00	149,33	72,73
9	150,67	155,67	114,67	99,33	124,00	117,67	95,00	59,00	0,00	9,00	0,33	0,00	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	139,67	66,67	157,33	135,67	81,82	
10	123,67	154,00	102,00	48,33	57,00	51,33	17,33	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	138,67	40,67	132,00	94,33	90,91	
R_{80}	155,20	156,07	127,13	101,87	125,07	120,33	100,40	65,20	7,20	9,20	0,53	0,27	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	1,53	143,40	72,33	157,47	138,40	80,00

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan **Tabel 4**, curah hujan andalan (R_{80}) setengah bulanan didapatkan nilai curah hujan terbesar pada bulan Januari periode II yaitu sebesar 156,07 mm dan nilai curah hujan terkecil yaitu 0,00 mm pada bulan Juli periode II, Agustus periode I dan II, September periode I, dan Oktober periode I.

c. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif untuk padi dihitung sebesar 70% dari curah hujan andalan dalam satu periode. Hasil perhitungan curah hujan efektif untuk padi dapat dilihat pada **Tabel 5**, sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif Padi (mm/hari)

Bulan	R_{80}	Re Padi	
		70% R_{80}	mm / hari
Januari I	155,20	108,64	7,24
Januari II	156,07	109,25	6,83
Februari I	127,13	88,99	5,93
Februari II	101,87	71,31	5,49
Maret I	125,07	87,55	5,84
Maret II	120,33	84,23	5,26
April I	100,40	70,28	4,69
April II	65,20	45,64	3,04
Mei I	7,20	5,04	0,34
Mei II	9,20	6,44	0,40
Juni I	0,53	0,37	0,02
Juni II	0,27	0,19	0,01
Juli I	2,33	1,63	0,11
Juli II	0,00	0,00	0,00
Agustus I	0,00	0,00	0,00
Agustus II	0,00	0,00	0,00
September I	0,00	0,00	0,00
September II	0,07	0,05	0,00
Oktober I	0,00	0,00	0,00
Oktober II	1,53	1,07	0,07
November I	143,40	100,38	6,69
November II	72,33	50,63	3,38
Desember I	157,47	110,23	7,35
Desember II	138,40	96,88	6,06

Berikut contoh perhitungan curah hujan efektif untuk padi:

$$R_{80} = 155,20 \text{ mm}$$

$$Re \text{ Padi} = ((R_{80} \times 0,7)) / (\text{periode pengamatan})$$

$$= ((155,20 \times 0,7))/15 = 7,24 \text{ mm/hari}$$

Berdasarkan hasil perhitungan Re padi tertinggi terdapat pada bulan Desember periode I yaitu sebesar 7,35 mm/hari, sedangkan Re padi terendah terdapat pada bulan Juli periode II, Agustus periode I dan II, September periode I dan II, dan Oktober periode I yaitu 0,00 mm/hari.

Curah hujan efektif untuk palawija dihitung sebesar 50% dari curah hujan andalan dalam satu periode. Perhitungan curah hujan efektif palawija dengan *Cropwat 8.0* menggunakan *metode USDA soil conservation service*. Hasil perhitungan curah hujan efektif untuk palawija dapat dilihat pada **Gambar 1.** dan **Tabel 6.** berikut.

	Rain	Eff rain
	mm	mm
January	155.6	116.9
February	114.5	93.5
March	122.7	98.6
April	82.8	71.8
May	8.2	8.1
June	0.4	0.4
July	1.2	1.2
August	0.0	0.0
September	0.0	0.0
October	0.8	0.8
November	107.9	89.3
December	148.0	113.0
Total	742.1	593.5

Gambar 1. Hasil Perhitungan Re Palawija dengan *Cropwat 8.0*

Tabel 6. Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif Padi (mm/hari)

Bulan	R ₈₀	50%	Re Palawija	
			mm/bulan	mm/hari
Januari	311,27	155,64	116,90	3,77
Februari	229,00	114,50	93,50	3,34
Maret	245,40	122,70	98,60	3,18
April	165,60	82,80	71,80	2,39
Mei	16,40	8,20	8,10	0,26
Juni	0,80	0,40	0,40	0,01
Juli	2,33	1,17	1,20	0,04
Agustus	0,00	0,00	0,00	0,00
September	0,07	0,04	0,00	0,00
Oktober	1,53	0,77	0,80	0,03
November	215,73	107,87	89,30	2,98
Desember	295,87	147,94	113,00	3,65

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan Re palawija tertinggi terdapat pada bulan Januari yaitu sebesar 3,77 mm/hari, sedangkan Re palawija terendah terdapat pada bulan Agustus dan September yaitu 0,00 mm/hari.

d. Perhitungan Kebutuhan Air Konsumtif

Kebutuhan air konsumtif dengan memasukan faktor koefisien tanaman (kc) untuk padi dan palawija. Tanaman di Daerah Irigasi Loning-Kragilan ditetapkan sebagai komoditas padi, jagung, dan kedelai. Koefisien tanaman padi, jagung, dan kedelai dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Contoh perhitungan kebutuhan air konsumtif bulan November

$$Etc = Eto \times kc$$

$$Etc = 3,18 \times 1,1$$

$$Etc = 3,50 \text{ mm/hari}$$

Tabel 7. Koefisien Tanaman Padi, Jagung, dan Kedelai

Bulan	Padi Varietas Unggul (FAO)	Jagung	Kedelai
0,5	1,10	0,50	0,50
1	1,10	0,59	0,75
1,5	1,05	0,96	1,00
2	1,05	1,05	1,00
2,5	0,95	1,02	0,82
3	0,95	0,95	0,45

Sumber: Dirjen SDA 2013

e. Perhitungan Kebutuhan Air untuk Pengolahan Lahan

1) Evaporasi air terbuka (Eo)

$$Eo = 1,10 \times Eto$$

$$Eo = 1,10 \times 3,18 = 3,50 \text{ mm/hari}$$

2) Perkolasi

Nilai perkolasi ditentukan oleh kriteria jenis tanah. Harga perkolasi menurut jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 8**. berikut.

Tabel 8. Harga Perkolasi Menurut Jenis Tanah

No	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hari)
1	<i>Sandy Loam</i>	3 - 6
2	<i>Loam</i>	2 - 3
3	<i>Clay</i>	1 - 2

Sumber: Soemarto, 1987

Daerah Irigasi Loning-Kragilan memiliki karakteristik tanah lempung (*Loam*), maka harga perkolasi 2 mm/hari.

3) Perhitungan kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan.

$$M = Eo + P$$

$$M = 3,50 + 2,00$$

$$M = 5,50 \text{ mm/hari}$$

- 4) Jangka waktu penyiapan lahan untuk padi dan palawija

$$T \text{ padi} = 45 \text{ hari}$$

$$T \text{ palawija} = 30 \text{ hari}$$

- 5) Kebutuhan air untuk penjemuran ditambah dengan lapisan air 50 mm

$$S \text{ padi} = 250 + 50$$

$$S \text{ padi} = 300 \text{ mm}$$

$$S \text{ palawija} = 50 \text{ sampai } 100 \text{ mm}$$

- 6) Konstanta

$$k \text{ padi} = M \times T/S$$

$$k \text{ padi} = 5,50 \times 45/300$$

$$k \text{ padi} = 0,82$$

$$k \text{ palawija} = M \times T/S$$

$$k \text{ palawija} = 5,50 \times 30/100$$

$$k \text{ palawija} = 1,65$$

- 7) Kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan padi

$$IR = M \left(\frac{e^k}{e^k - 1} \right)$$

$$IR = 5,50 \left(\frac{2,7183^{0,82}}{2,7183^{0,82} - 1} \right)$$

$$IR = 9,79 \text{ mm/hari}$$

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air untuk Persiapan Lahan Padi (mm/hari)

Parameter	Satuan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
Eto	mm/hari	3,13	3,26	3,37	3,35	3,14	2,87
Eo	mm/hari	3,44	3,59	3,71	3,68	3,45	3,16
P	mm/hari	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
M	mm/hari	5,44	5,59	5,71	5,68	5,45	5,16
T	hari	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
S	mm/hari	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
k		0,82	0,84	0,86	0,85	0,82	0,77
IR	mm/hari	9,75	9,85	9,92	9,91	9,76	9,57
Parameter	Satuan	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Eto	mm/hari	2,93	3,29	3,40	3,42	3,18	3,03
Eo	mm/hari	3,22	3,62	3,74	3,77	3,50	3,33
P	mm/hari	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
M	mm/hari	5,22	5,62	5,74	5,77	5,50	5,33
T	hari	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
S	mm/hari	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
k		0,78	0,84	0,86	0,86	0,82	0,80
IR	mm/hari	9,61	9,87	9,94	9,96	9,79	9,68

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 9.** didapatkan nilai IR padi terbesar pada bulan Oktober yaitu 9,96 mm/hari, sedangkan nilai IR padi terkecil bulan Juni yaitu 9,57 mm/hari.

8) Kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan palawija bulan Maret

$$IR = M \left(\frac{e^k}{e^k - 1} \right)$$

$$IR = 5,71 \left(\frac{2,7183^{1,71}}{2,7183^{1,71} - 1} \right)$$

$$IR = 6,97 \text{ mm/hari}$$

Tabel 10. Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Air untuk Persiapan Lahan Palawija (mm/hari)

Parameter	Satuan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
Eto	mm/hari	3,13	3,26	3,37	3,35	3,14	2,87
Eo	mm/hari	3,44	3,59	3,71	3,68	3,45	3,16
P	mm/hari	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
M	mm/hari	5,44	5,59	5,71	5,68	5,45	5,16
T	hari	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
S	mm/hari	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
k		1,63	1,68	1,71	1,70	1,63	1,55
IR	mm/hari	6,76	6,87	6,97	6,94	6,77	6,55
Parameter	Satuan	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Eto	mm/hari	2,93	3,29	3,40	3,42	3,18	3,03
Eo	mm/hari	3,22	3,62	3,74	3,77	3,50	3,33
P	mm/hari	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
M	mm/hari	5,22	5,62	5,74	5,77	5,50	5,33
T	hari	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
S	mm/hari	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
k		1,57	1,69	1,72	1,73	1,65	1,60
IR	mm/hari	6,60	6,90	6,99	7,01	6,81	6,68

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan **Tabel 10.** didapatkan nilai IR palawija terbesar berada di bulan Oktober yaitu 7,01 mm/hari, sedangkan nilai IR palawija terkecil berada di bulan Juni yaitu 6,55 mm/hari.

f. Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi yang diambil untuk Daerah Irigasi Loning-Kragilan adalah periode tengah bulanan dengan luas areal 1.895,5 Ha (berdasarkan data verifikasi *updating* peta Balai PSDA Probolo). Contoh perhitungan kebutuhan air irigasi padi pada bulan Desember periode I, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Etc} &= \text{Eto} \times \text{kc} \\ \text{Etc} &= 3,03 \times 1,10 \\ \text{Etc} &= 3,33 \text{ mm/hari} \\ \text{P} &= 2 \text{ mm/hari} \\ \text{WLR} &= 3,30 \text{ mm/hari} \\ \text{Re padi} &= 7,35 \text{ mm/hari} \\ \text{NFRpadi} &= \text{Etc} - \text{Re} + \text{P} + \text{W} \\ \text{NFRpadi} &= 3,33 - 7,35 + 2 + 3,3 \\ \text{NFRpadi} &= 1,28 \text{ mm/hari} \\ \text{NFRpadi} &= 1,28 \times 0,116 \\ \text{NFRpadi} &= 0,15 \text{ lt/detik/ha} \\ \text{DR} &= \text{NFR}/e \times \text{A} \\ \text{DR} &= 0,15/0,65 \times 1.895,54 \\ \text{DR} &= 434,54 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

DR = 0,43 m³/detik

Hasil perhitungan kebutuhan air dengan pola tanam padi-padi-palawija dapat dilihat pada **Tabel 11.** berikut.

Tabel 11 Rekapitulasi Kebutuhan Air Irigasi Pola Tanam Padi – Padi – Palawija

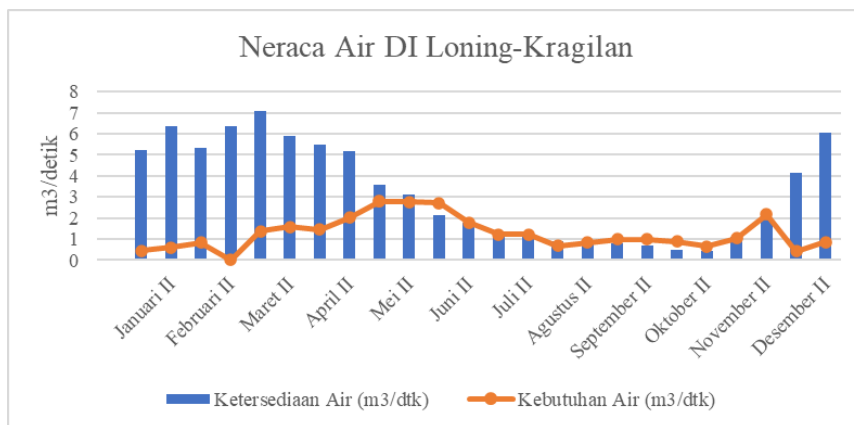
No	URAIAN			MUSIM TANAM I						MUSIM TANAM II						MUSIM TANAM III											
				NOVEMBER		DESEMBER		JANUARI		FEBRUARI		MARET		APRIL		MEI		JUNI		JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER		OKTOBER	
				I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Jenis Tanaman	MT-I	MT-II	MT-III																								
1	Padi	1895,54	1895,54	1035,54	LP	PADI				PANEN	LP	PADI				PANEN	LP	KEDELAI									
Jagung																											
Kebutuhan air di sawah	Padi																										
	Kedelai	0,36	0,74	0,15	0,30	0,16	0,20	0,29	0,00	0,47	0,54	0,50	0,69	0,96	0,95	0,93	0,61			0,76	0,76	0,42	0,52	0,63	0,63	0,55	0,41
2	Total Kebutuhan (l/dt/ha)	0,36	0,74	0,15	0,30	0,16	0,20	0,29	0,00	0,47	0,54	0,50	0,69	0,96	0,95	0,93	0,61	0,76	0,76	0,42	0,52	0,63	0,63	0,55	0,41		
	Kebutuhan DI (l/dt)	680,88	1410,11	282,45	566,86	294,33	385,53	542,02	0,00	898,73	1024,47	944,45	1305,65	1815,30	1800,67	1759,62	1162,64	787,72	787,72	438,03	536,92	648,42	648,42	574,31	422,18		
3	Kebutuhan Air di Sahan Tersier (l/dt)	851,10	1762,64	353,06	708,57	367,91	481,91	677,53	0,00	1123,41	1280,59	1180,57	1632,06	2269,12	2250,84	2199,53	1453,30	984,65	984,65	547,53	671,15	810,53	810,53	717,89	527,72		
4	Kebutuhan Air di Sahan Sekunder (l/dt)	945,67	1958,48	392,29	787,30	408,79	535,45	752,81	0,00	1248,24	1422,88	1311,74	1813,40	2521,24	2500,94	2443,92	1614,78	1094,06	1094,06	608,37	745,72	900,59	900,59	797,66	586,36		
5	Kebutuhan Air di Sahan Primer (l/dt)	1047,51	2169,40	434,54	872,09	452,82	593,12	833,88	0,00	1382,66	1576,11	1453,01	2008,69	2792,76	2770,27	2707,11	1788,68	1211,88	1211,88	673,89	826,03	997,57	997,57	883,56	649,50		
6	Kebutuhan Air Total (m ³ /dt)	1,05	2,17	0,43	0,87	0,45	0,59	0,83	0,00	1,38	1,58	1,45	2,01	2,79	2,77	2,71	1,79	1,21	1,21	0,67	0,83	1,00	1,00	0,88	0,65		

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan **Tabel 11.** didapatkan nilai kebutuhan air tertinggi yaitu 2,79 m³/detik di bulan Mei periode I, terendah yaitu 0,00 m³/detik di bulan Februari periode II.

3.3 Analisis Neraca Air

Hasil neraca air DI Loning-Kragilan menunjukkan di musim kemarau mengalami defisit air. Ketersediaan air di intake Bendung Kedungglagah tidak dapat memenuhi kebutuhan air pada petak tersier. Pengurangan luas areal tanam pada MT III diperlukan untuk mendapatkan faktor k > 0,50. Grafik dan hasil neraca air dapat dilihat pada **Tabel 12.** dan **Gambar 2.**



Gambar 2. Neraca Air DI Loning-Kragilan

Tabel 11. Rekapitulasi Neraca Air dan Faktor k DI Loning-Kragilan

Periode	Ketersediaan Air (m ³ /dtk)	Kebutuhan Air (m ³ /dtk)	Neraca Air (Surplus/Defisit)	Faktor k
Januari I	5,22	0,45	4,76	1,00
Januari II	6,37	0,59	5,77	1,00
Februari I	5,33	0,83	4,50	1,00
Februari II	6,38	0,00	6,38	1,00
Maret I	7,07	1,38	5,69	1,00
Maret II	5,91	1,58	4,33	1,00
April I	5,51	1,45	4,05	1,00
April II	5,15	2,01	3,14	1,00
Mei I	3,59	2,79	0,79	1,00
Mei II	3,13	2,77	0,35	1,00
Juni I	2,13	2,71	-0,58	0,79
Juni II	1,79	1,79	0,00	1,00
Juli I	1,28	1,21	0,07	1,00
Juli II	1,13	1,21	-0,08	0,94
Agustus I	0,92	0,67	0,25	1,00
Agustus II	0,89	0,83	0,06	1,00
September I	0,81	1,00	-0,19	0,81
September II	0,68	1,00	-0,32	0,68
Oktober I	0,49	0,88	-0,40	0,55
Oktober II	0,43	0,65	-0,21	0,67
November I	1,08	1,05	0,03	1,00
November II	1,91	2,17	-0,26	0,88
Desember I	4,16	0,43	3,72	1,00
Desember II	6,03	0,87	5,16	1,00

Sumber : hasil perhitungan

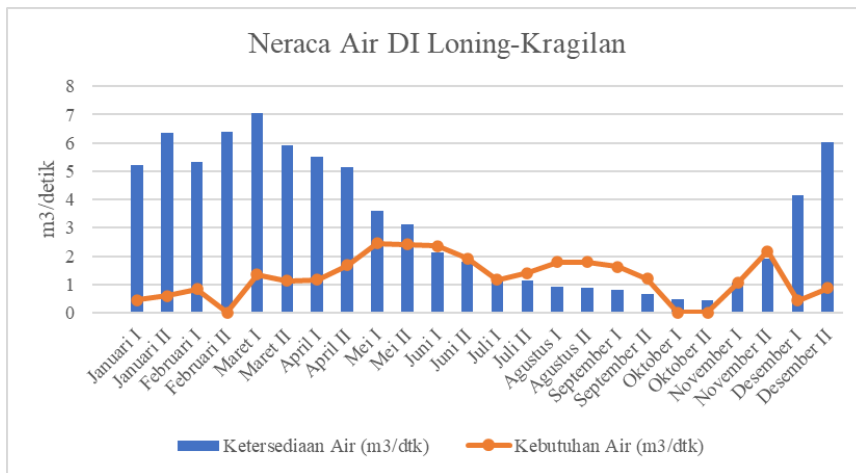
Berdasarkan pada **Tabel 12.** dan **Gambar 2.**, kondisi faktor k terendah di bulan Oktober periode I yaitu 0,55. Alternatif pola tanam untuk mendapatkan indeks pertanaman 300%. Berikut hasil dari alternatif pola tanam tersebut.

Tabel 13 Rekapitulasi Kebutuhan Air Alternatif Pola Tanam Padi – Padi (1.290,86 ha) dan Jagung (604,68 ha) – Kedelai

No	URAIAN	MUSIM TANAM I						MUSIM TANAM II						MUSIM TANAM III																											
		NOVEMBER		DESEMBER		JANUARI		FEBRUARI		MARET		APRIL		MEI		JUNI		JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER		OKTOBER																	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II																
Jenis Tanaman	MT-I MT-II MT-III																																								
1	Padi 1895,54 1290,86	LP		PADI				PANEN		LP		PADI				PANEN																									
	JAGUNG 604,68																																								
	KEDELAJ 1895,54	LP		KEDELAJ																								BERA													
	Padi Jagung Kedelai	0,36	0,74	0,15	0,30	0,16	0,20	0,29	0,00	0,47	0,54	0,50	0,69	0,96	0,95	0,93	0,61																								
2	Kebutuhan air di sawah																																								
	Total Kebutuhan (l/dt/ha)	0,36	0,74	0,15	0,30	0,16	0,20	0,29	0,00	0,91	0,60	0,68	1,02	1,54	1,52	1,48	1,37	0,40	0,48	0,61	0,61	0,56	0,41	0,00	0,00																
	Kebutuhan has areal (l/dt)	680,88	1410,11	282,45	566,86	294,33	385,53	542,02	0,00	877,52	733,11	754,06	1086,87	1589,07	1572,51	1528,96	1250,43	752,83	913,62	1163,84	1163,84	1052,44	775,99	0,00	0,00																
3	Kebutuhan Air di Sakan Tersier (l/dt)	851,10	1762,64	353,06	708,57	367,91	481,91	677,53	0,00	1096,90	916,39	942,57	1358,58	1986,33	1965,64	1911,21	1563,03	941,04	1142,03	1454,80	1454,80	1315,55	969,98	0,00	0,00																
4	Kebutuhan Air di Sakan Sekunder (l/dt)	945,67	1958,48	392,29	787,30	408,79	535,45	752,81	0,00	1218,78	1018,21	1047,30	1509,54	2207,04	2184,04	2123,56	1736,70	1045,60	1268,92	1616,44	1616,44	1461,72	1077,76	0,00	0,00																
5	Kebutuhan Air di Sakan Primer (l/dt)	1047,51	2169,40	434,54	872,09	452,82	593,12	833,88	0,00	1350,03	1127,87	1160,09	1672,10	2444,72	2419,25	2352,25	1923,73	1158,20	1405,57	1790,52	1790,52	1619,13	1193,83	0,00	0,00																
6	Kebutuhan Air Total (m ³ /dt)	1,05	2,17	0,43	0,87	0,45	0,59	0,83	0,00	1,35	1,13	1,16	1,67	2,44	2,42	2,35	1,92	1,16	1,41	1,79	1,79	1,62	1,19	0,00	0,00																

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan **Tabel 13.** pola tanam alternatif masa tanam I padi – masa tanam II padi (1.290,86 ha) dan jagung (604,68 ha) – masa tanam III kedelai. Nilai kebutuhan air tertinggi yaitu 2,44 m³/detik di bulan Mei periode I, terendah yaitu 0,00 m³/detik di bulan Februari periode II. Hasil perhitungan neraca air alternatif pola tanam dan grafik neraca air dapat dilihat pada **Gambar 3.** dan **Tabel 14.**



Gambar 3. Neraca Air DI Loning-Kragilan setelah Optimasi

Tabel 14. Rekapitulasi Neraca Air dan Faktor k DI Loning-Kragilan setelah Optimasi

Periode	Ketersediaan Air (m3/dtk)	Kebutuhan Air (m3/dtk)	Neraca Air (Surplus/Defisit)	Faktor k
Januari I	5,22	0,45	4,76	1,00
Januari II	6,37	0,59	5,77	1,00
Februari I	5,33	0,83	4,50	1,00
Februari II	6,38	0,00	6,38	1,00
Maret I	7,07	1,35	5,72	1,00
Maret II	5,91	1,13	4,78	1,00
April I	5,51	1,16	4,35	1,00
April II	5,15	1,67	3,48	1,00
Mei I	3,59	2,44	1,14	1,00
Mei II	3,13	2,42	0,71	1,00
Juni I	2,13	2,35	-0,22	0,90
Juni II	1,79	1,92	-0,14	0,93
Juli I	1,28	1,16	0,13	1,00
Juli II	1,13	1,41	-0,27	0,81
Agustus I	0,92	1,79	-0,87	0,51
Agustus II	0,89	1,79	-0,90	0,50
September I	0,81	1,62	-0,81	0,50
September II	0,68	1,19	-0,52	0,57
Oktober I	0,49	0,00	0,49	1,00
Oktober II	0,43	0,00	0,43	1,00
November I	1,08	1,05	0,03	1,00
November II	1,91	2,17	-0,26	0,88
Desember I	4,16	0,43	3,72	1,00
Desember II	6,03	0,87	5,16	1,00

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan pada **Tabel 14.** dan **Gambar 3.** kondisi faktor k terendah di bulan Agustus periode II dan September periode I yaitu 0,50 diharapkan cukup untuk MT III palawija. Kriteria pemberian air berdasarkan faktor k sebesar 0,50 – 0,75 dengan sistem gilir air di saluran tersier.

Persentase faktor k sebelum dan sesudah alternatif dapat dilihat pada **Tabel 15.** berikut.

Tabel 15. Persentase faktor k

No	Faktor k	Persentase sebelum alternatif (%)	Persentase sesudah alternatif (%)	Keterangan
1	0,75 - 1,00	91,67	83,33	Terus - menerus
2	0,50 - 0,75	8,33	16,67	Giliran di saluran tersier
3	0,25 - 0,50	0,00	0,00	Giliran di saluran sekunder
4	< 0,25	0,00	0,00	Giliran di saluran primer
	Total	100,00	100,00	
	Indeks Pertanaman	254,63	300,00	Dalam 1 Tahun

Sumber : hasil perhitungan

Berdasarkan **Tabel 15.** kondisi faktor k sebelum alternatif lebih besar dibandingkan dengan kondisi faktor k sesudah alternatif, hal ini dikarenakan pengurangan luas area tanam pada MT III sehingga Indeks Pertanaman berkurang.

3.4 Analisis Indeks Pertanaman

Pengaturan pola tanam dan rencana tata tanam mampu menjadi solusi untuk mendapatkan Indeks Pertanaman 300%. Berdasarkan **Tabel 15.** poin 6, perhitungan Indeks Pertanaman (IP) sebelum alternatif dan sesudah alternatif sebagai berikut:

- 1) Indeks pertanaman sebelum alternatif

$$IP = \frac{Lt\ MH\ I + Lt\ MH\ II + Lt\ MK}{Lt\ Baku} \times 100$$

$$IP = \frac{1895,54 + 1895,54 + 1035,54}{1895,54} \times 100$$

$$IP = 254,63\%$$
- 2) Indeks pertanaman sesudah alternatif

$$IP = \frac{Lt\ MH\ I + Lt\ MH\ II + Lt\ MK}{Lt\ Baku} \times 100$$

$$IP = \frac{1895,54 + 1895,54 + 1895,54}{1895,54} \times 100$$

$$IP = 300,00\%$$

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

- a. Ketersediaan air di DI Loning-Kragilan berdasarkan hasil perhitungan debit andalan 80% terbesar yaitu 7,07 m³/detik pada periode Maret I dan terkecil yaitu 0,43 m³/detik pada periode Oktober II.
- b. Kebutuhan air di DI Loning-Kragilan dengan pola tanam padi-padi-palawija didapatkan nilai kebutuhan air tertinggi yaitu 2,79 m³/detik di bulan Mei periode I, terendah yaitu 0,00 m³/detik di bulan Februari periode II. Kebutuhan air di DI Loning-Kragilan dengan pola tanam alternatif masa tanam I padi – masa tanam II padi (1.290,86 ha) dan jagung (604,68 ha) – masa tanam III kedelai didapatkan nilai kebutuhan air tertinggi yaitu 2,44 m³/detik di bulan Mei periode I, terendah yaitu 0,00 m³/detik di bulan Februari periode II.
- c. Kondisi neraca air di DI Loning-Kragilan berdasarkan perhitungan persentase faktor k yaitu persentase dengan kriteria faktor k 0,75 – 1,00 sebelum alternatif sebesar 91,67% dan sesudah alternatif sebesar 83,33 %, sedangkan persentase dengan kriteria faktor k 0,50 – 0,75 sebelum alternatif sebesar 8,33 % dan sesudah alternatif sebesar 16,67%.

- d. Indeks pertanaman dengan pola tanam padi-padi-palawija yaitu sebesar 254,63%, sedangkan indeks pertanaman dengan pola tanam alternatif padi – padi (1.290,86 ha) dan jagung (604,68 ha) – kedelai yaitu sebesar 300,00%.

4.2 Saran

- a. Melakukan penelitian efisiensi saluran irigasi pada ruas primer, sekunder dan tersier.
- b. Menambahkan hasil perhitungan kebutuhan air untuk cabai, kacang Panjang, tembakau dan lainnya sesuai kebutuhan masyarakat.
- c. Melakukan optimasi pola tanam dengan menghitung keuntungan hasil produksi tanaman berdasarkan luas tanam dan ketersediaan air.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 6738:2015 Tentang Perhitungan Debit Andalan Sungai dengan Kurva Durasi Debit*. Jakarta.
- Balai PSDA Progo Bogowonto Luk Ulo. 2023. Diunduh dari <https://bpusdataru-probolo.jatengprov.go.id/index.php/program-kegiatan/operasi-pemeliharaan> [Diakses tanggal 11 Juni 2023].
- Banjarnahor, Dina dan Bistok Hasiholan Simanjutak. 2015. *Pola Tanam Kabupaten Sumba Tengah yang Sesuai dengan Curah Hujan Setempat*. Prosiding Konser Karya Ilmiah, 1, 97 – 107.
- Bunganaen, Wilhelmus, Noh S. Karbeka, dan Elsy E. Hangge. 2020. Analisis Ketersediaan Air terhadap Pola Tanam dan Luas Areal Irigasi Daerah Irigasi Siafu. *Jurnal Teknik Sipil*, 9, 1, 15 – 26.
- Campbell, N. A. dan J. B. Reece. 2002. *Biology*. San Fransisco: Pearson Education. Inc.
- Dwiwana, Ieli, Nurhayati, dan Umar. 2019. Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air Irigasi Terdu. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Taambang*, 6, 1, 215 – 223.
- Hillel, D. dan Y. Guron. 1973. *Relation Between Evapotranspiration Rate and Maize Yield*. Water Resour. Res.
- Kementrian PUPR. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01*. Jakarta.
- Kementrian PUPR. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-07*. Jakarta.
- Kementrian PUPR. 2015. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 12/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi*. Jakarta: Kementrian PUPR.
- Kunaifi, A. A., Limantara, dan D. Priyantoro. 2011. Pola Penyediaan Air DI Tibunangka dengan Sumur Renteng pada Sistem Suplesi Rengging. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 2, 1, 1 – 14.
- Mawardi, Erman. 2010. *Desain Hidraulik Bangunan Irigasi*. Bandung: Alfabeta.
- Nugroho, C. 2019. *Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus pada Daerah Irigasi Kalibutek)*. Purworejo: Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2006. *PP Nomor 20 Tahun 2006 Tentang Irigasi*. Jakarta.
- S. K. Sidharta. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Jakarta: Gunadarma.
- Setiaji, Eko. 2020. *Evaluasi Efisiensi Saluran Daerah Irigasi Kragilan Kabupaten Purworejo*. Magelang: Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Tidar.
- Susilowati, D. R. Kendarto, dan R. M. Sampurno. 2019. Analisis Neraca Air Irigasi untuk Mendapatkan Pola Tanam Optimal di Daerah Irigasi Ciliman. *ISBN: 978-602-6697-47-9*, 401 – 411.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.