

Optimasi Pola Tanam Daerah Irigasi Rotiklot Kabupaten Belu

Margaretha G. Berek¹, Wilhelmus Bunganaen¹, Yunita A. Messah¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana, Kota Kupang,
Universitas Nusa Cendana, Kota Kupang

*E-mail: berekritha16@gmail.com

Abstract

This research was carried out with the help of an optimization program using Quantity Methods for Windows 3 software. The value of irrigation water requirements was calculated using a method based on Irrigation Planning Criteria - 01 of 2013. The data used in the analysis were irrigation area data, rainfall data and 15 year climate data and planting pattern data. In this research, four initial planting alternatives were planned with the number of planting seasons in a year being three and the planting period being 10 days. The calculation results show that the maximum mainstay volume occurred in February at 19741.58 m³ and the mainstay volume in January, March, April, May, June, July, August, September, October, November and December was constant at 19354.84 m³. The maximum water requirement for rice plants occurs in the first initial planting alternative in planting season 3, amounting to 3.09 lt/sec/Ha and secondary crops occurs in the third initial planting alternative in planting season 3, amounting to 1.63 lt/sec/Ha. The results of optimizing the planting pattern in the Quantity Methods for Windows 3 software obtained results greater than the existing land area with a size of 300% of 27 Ha, which means that the planting pattern resulting from the optimization is Optimum.

Keywords: *Optimization, Irrigation Areas, Planting Patterns, Mainstay Discharge, Water Requirements.*

Abstrak

Penelitian ini mengoptimalkan pola tanam pada Daerah Irigasi Rotiklot dengan tetap memperhatikan ketersediaan air di lokasi Bendungan Rotiklot. Teknik analisis data untuk mencapai luas lahan yang optimal menggunakan software Quantity Methods for Windows 3. Data yang digunakan dalam analisis adalah data luas area irigasi, data curah hujan serta data iklim 15 tahun dan data pola tanam. Dalam penelitian ini direncanakan empat alternatif awal tanam dengan jumlah musim tanam dalam setahun sebanyak tiga kali dengan penanaman benih perperiode 10 hari. Hasil analisis menunjukkan bahwa volume andalan maksimum terjadi pada bulan Februari sebesar 19741,58 m³, sedangkan untuk bulan-bulan yang lain volume andalannya konstan yakni sebesar 19354,84 m³. Besar kebutuhan air maksimum untuk tanaman padi terjadi pada alternatif awal tanam pertama di musim tanam 3 sebesar 3,09 lt/dtk/Ha dan tanaman palawija terjadi pada alternatif awal tanam ketiga di musim tanam 3 sebesar 1,63 lt/dtk/Ha. Hasil optimasi menunjukkan bahwa luas lahan optimasi lebih besar dari luas lahan pada keadaan eksisting, besar intensitas tanam selama 3 musim adalah 300% dengan luas lahan adalah 149 Ha namun baru dioptimalkan 27 Ha (18%). Dari hasil optimasi mengalami peningkatan sebesar 81 Ha yang berarti mengalami peningkatan sebesar 54 Ha (36,24%) yang berarti pola tanam hasil optimasi adalah Optimum.

Kata kunci: *Optimasi, Daerah Irigasi, Pola Tanam, Debit Andalan, Kebutuhan Air.*

Pendahuluan

Kabupaten Belu merupakan salah satu kabupaten di Nusa Tenggara Timur, yang memiliki 2 musim dalam 1 tahun. Kedua musim yakni musim kemarau yang berlangsung dari bulan April-Oktober dan musim hujan dari bulan November-Maret. Kondisi iklim dengan musim kemarau yang lebih panjang dari musim hujan menyebabkan

kurangnya ketersediaan air hingga terjadinya kekeringan. Dampak dari kurangnya ketersediaan air mengakibatkan penurunan hasil pertanian. Hal ini berakibat masyarakat setempat hanya dapat bercocok tanam saat musim hujan dan cenderung mencari pekerjaan lain saat musim kemarau. Berdasarkan permasalahan yang ada, maka untuk mengatasi masalah tersebut, pemerintah pusat melalui Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara II

(BWS NT II) membangun tempat penampungan air hujan dengan kapasitas tampung yang besar yakni Bendungan Rotiklot.

Air dari Bendungan Rotiklot mengairi Daerah Irigasi Rotiklot dengan luas 149 hektare yang terletak di Kecamatan Kakuluk Mesak, Desa Fatuketi. Akan tetapi, menurut masyarakat setempat hasil panen yang dihasilkan tidak maksimal dan terkadang mengalami gagal panen yang dapat ditimbulkan karena pola tanam yang tidak sesuai. Oleh karena itu, salah satu solusi dalam peningkatan produksi lahan adalah dengan pemberian air sesuai kebutuhan yang dilakukan dengan mengandalkan debit hasil perhitungan menggunakan Metode F. J. Mock. Atas dasar inilah perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan sumber daya air Bendungan Rotiklot sesuai ketersediaan air yang ada dengan cara mengoptimalkan pola tanam yang efisien.

Tinjauan Pustaka

Definisi Irigasi

Irigasi menurut Peraturan Pemerintah Nomor 77 Tahun 2001 adalah usaha penyediaan dan pengaturan air yang menunjang pertanian, yang jenisnya meliputi irigasi air permukaan, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi tambak.

Jenis Irigasi

Penggunaan irigasi di daerah dengan memperhatikan kondisi topografi di wilayah tersebut. Oleh karena itu irigasi dibagi dalam beberapa jenis menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 2010 sebagai berikut:

1. Irigasi gravitasi (*gravitational irrigation*)
2. Irigasi bawah tanah (*sub surface irrigation*)
3. Irigasi siraman (*sprinkler irrigation*)
4. Irigasi tetes (*trickler irrigation*).

Daerah irigasi

Daerah irigasi merupakan kesatuan wilayah yang mendapatkan suplai air dari satu jaringan irigasi (Sidharta, S. K. 1997:3).

Jaringan irigasi

Klasifikasi jaringan irigasi berdasarkan cara pengaturan, pengukuran, serta kelengkapan fasilitas dikelompokkan menjadi 3 jenis (Sidharta, S. K. 1997:10).

1. Jaringan irigasi sederhana
2. Jaringan Irigasi Semi Teknis
3. Jaringan Irigasi Teknis

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi menurut Sosrodarsono, S. (2003: 1) adalah air yang menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan

sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan.

Curah Hujan Efektif

Hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh selama masa tumbuh tanaman, yang dapat digunakan untuk memenuhi air konsumtif tanaman, dan diharapkan terjadi selama satu musim tanam berlangsung (Sosrodarsono, 1983 dalam Siarai, dkk, 2021:65).

$$R_{ePadi} = \frac{0,7 \times R_{80}}{10}$$

$$R_{ePalawija} = \frac{0,5 \times R_{80}}{10}$$

Dimana:

- R_{ePadi} = Curah hujan efektif pada tanaman padi (mm/hari)
 $R_{ePalawija}$ = Curah hujan efektif pada tanaman palawija (mm/hari)
 R_{80} = Curah hujan andalan 80%

Untuk mendapatkan curah hujan dengan kemungkinan terpenuhi/probabilitas 80% adalah dengan cara perangkingan data dari yang nilai terbesar sampai nilai terkecil dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana:

- P = Probabilitas
m = Nomor tingkatan (1, 2, 3,.....dst)
n = Jumlah data.

Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi adalah gabungan antara proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi). Evapotranspirasi potensial adalah evapotranspirasi yang mungkin terjadi pada kondisi air yang tersedia berlebihan (Limantara, 2018:31).

$$ET_o = c \cdot \{W(R_{ns} - R_{n1}) + (1 - W) \times f(U) \times (e_a - e_d)\}$$

Dimana :

- ET_o = Evapotranspirasi potensial harian (mm/hari)
C = Nilai faktor perkiraan kondisi musim
W = Faktor yang berhubungan dengan temperatur (T) dan elevasi daerah
 R_{ns} = Faktor koreksi radiasi gelombang pendek
 R_{n1} = Radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari)
f (U) = Fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2,00 meter (m/dtk)
 e_a = Tekanan uap jenuh, besarnya e_a sehubungan dengan nilai temperatur terkoreksi (T_{tr})
 e_d = Tekanan uap aktual (mbar)

Efisiensi irigasi

Efisiensi adalah perbandingan antara debit air yang sampai di lahan tanam dengan debit air irigasi yang keluar dari pintu pengambilan yang dinyatakan dalam persen(%). Besarnya efisiensi pada masing-masing saluran adalah sebagai berikut:

- Saluran primer = 90%
- Saluran sekunder = 90%
- Saluran tersier = 80%

Efisiensi irigasi yang dipakai yaitu efisiensi irigasi total (90% x 90% x 80%) = 65%.

Debit Andalan

Debit andalan menurut Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Sumber Daya Air dalam Standar Perencanaan Irigasi (2013) adalah debit dari suatu sumber air yang diharapkan dapat disadap dengan resiko kegagalan tertentu (Direktorat Jendral Pengairan. 2010. Kriteria Perencanaan – Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi, KP 01).

Langkah-langkah perhitungan debit andalan menggunakan Metode F.J Mock adalah sebagai berikut:

1. Analisis curah hujan
Data hujan yang digunakan adalah data hujan dari pos hujan Umarese 15 tahun dari tahun 2004-2018
2. Hitung Evapotranspirasi Potensial
3. Evapotranspirasi aktual atau terbatas (ET)
 $ET = ET_o - E$
 $E = ET_o \times (m/20) \times (18-n)$

Dimana:

- ET = Evapotranspirasi terbatas (mm)
- ET_o = Evapotranspirasi potensial (mm)
- E = Beda antara evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi aktual (mm)
- m = Singkapan lahan, *surface exposed* (%)
- n = Jumlah hari hujan dalam satu bulan

4. Keseimbangan air di permukaan tanah

Air hujan

Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut (Bunganaen, W. et al, 2020:17)

$$(\Delta S) \Delta S = R - e_a$$

Dimana:

- ΔS = Keseimbangan air di permukaan tanah (mm)
- R = Curah hujan bulanan (mm)
- e_a = Evapotranspirasi actual

Kelembaban tanah

$$SMC_{(n)} = SMC_{(n-1)} + IS_{(n)}$$

Dimana:

SMC_(n) = Kelembaban tanah (diambil 50 – 250 mm)

SMC_(n-1) = Kelembaban tanah bulan ke n-1

IS_(n) = Tampungan awal (*Initial stroge*) (mm)

Kelebihan air

$$Ws = \Delta s - IS$$

Dimana:

Ws = *Water surplus* atau kelebihan air

Δs = Air hujan yang mencapai permukaan tanah

IS = Tampungan awal (*Initial stroge*), mm

Koefisien infiltrasi

$$i = Ws \times k$$

Dimana:

i = infiltrasi (mm)

Ws = Kelebihan air (mm)

k = koefisien infiltrasi (diasumsikan 0-1)

Penyiapan air tanah/*ground water storage* (ΔV_n)

$$V_n = k \times V_{(n-1)} + 0,5 (1 + k) I_n$$

$$\Delta V_n = V_n - V_{(n-1)}$$

Dimana:

V_n = Volume air tanah bulan ke-n

k = qt/q_o = faktor resesi aliran air tanah

V_(n-1) = Volume air tanah bulan ke (n-1)

I_n = Infiltrasi bulan ke-n

qt = aliran air tanah pada waktu bulan ke-t

q_o = Aliran air tanah pada awal bulan

ΔV_n = Perubahan volume air tanah

5. Kebutuhan air irigasi

6. Kebutuhan air sawah

Banyaknya air yang ada pada petak sawah dirumuskan untuk tanaman padi (Bunganaen, W. et al, 2022: 25)

$$NFR = ET_c + P + WLR - Re$$

Dimana:

NFR = *Netto Field Water Requirement*, kebutuhan bersih air disawah (lt/dtk/ha)

ET_c = Evapotranspirasi tanaman (mm/hr)

P = Perkolasi (mm/hr)

WLR = *Water Layer Replacement* atau kebutuhan air untuk menggantikan lapisan air (mm/hari)

Re = Curah hujan efektif (mm/hr)

7. Kebutuhan air masa pertumbuhan tanaman

$$ET_c = kc \times ET_o$$

Dimana:

ET_c = Kebutuhan air tanaman (mm/hr)

k_c = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi potensial (mm/hr)

8. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan

$$PL = M \cdot e^k / (e^k - 1)$$

Dimana:

PL = Kebutuhan air irigasi untuk pengolahan tanah (mm/hr)

M = Kebutuhan air mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan.

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 ET_o selama penyiapan lahan (mm/hr)

P = Perkolasi (mm/hr)

e = Bilangan Napier (2,7183)

k = $M \times T/S$

T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = Kebutuhan air untuk penjenhuan ditambah dengan lapisan air 50 mm, yaitu 250 mm.

9. Kebutuhan air pengambilan

$$DR = \frac{NFR}{Eff \times 8,64}$$

Dimana:

DR = Kebutuhan air di *intake* (lt/dtk/ha)

NFR = Kebutuhan air di sawah (lt/dtk/ha)

Eff = Efisiensi irigasi
= 90% x 90% x 80% = 65%

8,64 = 24 jam x 60 menit x 60 detik = 86400
= 86400/10000 = 8,64

10. Luas tanam bagi tanaman padi dan palawija

$$A = (Q_{\text{andalan}} / DR) \times 1000$$

Dimana:

A = Luas areal yang dapat diairi untuk alternatif tertentu (ha)

Q_{andalan} = Debit andalan selama jangka waktu tertentu (m^3/dtk)

DR = Kebutuhan pengambilan untuk selama periode tertentu (lt/dtk/Ha)

Pola Tanam

Pola tanam dapat dikatakan sebagai suatu usaha penanaman pada sebidang tanah dengan cara mengatur susunan tata dan letak dari tanaman yang akan ditanam selama periode waktu tertentu termasuk didalamnya kegiatan pengolahan tanah dan masa berat (Yonida, 2018). Defenisi pola tanam ini tercantum dalam Simatupang dan Pangaribuan (2021:188).

Pertimbangan untuk penentuan pola tanam berdasarkan ketersediaan air seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Pola Tanam

Ketersediaan Air Untuk Tanaman Irigasi	Pola Tanam Dalam Satu Tahun
Tersedia air cukup banyak	Padi – Padi – Palawija
Tersedia jumlah air dalam jumlah cukup	Padi – Padi – Bero
	Padi – Palawija – Palawija
Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi – Palawija – Bero
	Palawija – Padi – Bero

Optimasi Menggunakan Program Linier

Langkah-langkah untuk melakukan optimasi (Bunganaen, W. et al, 2021:26) adalah sebagai berikut :

- a. Tentukan model optimasi
 - b. Tentukan peubah yang akan dioptimasi
 - c. Menghitung harga batasan/kendala
 - d. Menentukan model matematika
- Model matematika
1. Fungsi tujuan
 2. Fungsi kendala

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Daerah Irigasi Rotiklot, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur dengan total luas 149 hektare. Data administratif Daerah Irigasi ini berada Desa Fatuketi di Kecamatan Kakuluk Mesak. Lahan pertanian Daerah Irigasi Rotiklot mendapatkan air dari Bendungan Rotiklot. Bendungan Rotiklot terletak pada 09°04'0,8" Lintang Selatan dan 124°50'3,8" dan dilakukan selama 6 bulan, yaitu dari Desember 2022 sampai bulan Mei 2023.

Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu skema jaringan daerah irigasi, data curah hujan 15 tahun dari tahun 2004-2018 data klimatologi yaitu data suhu udara rata-rata, kelembapan relatif, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin dan data pola tanam dari Dinas Pertanian Kabupaten Belu.

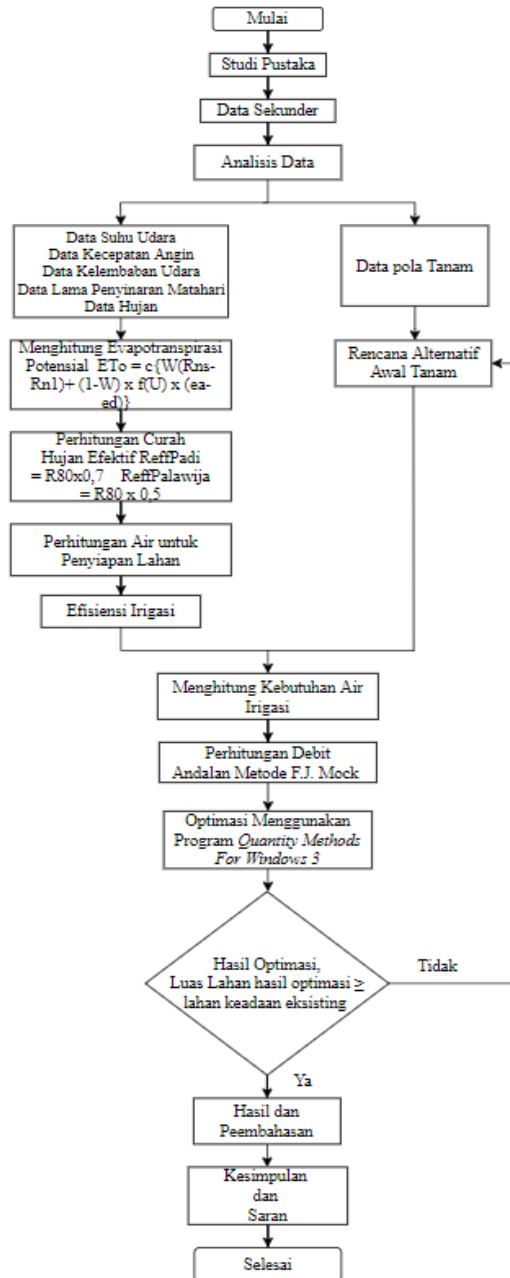
Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini melalui beberapa tahap sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data klimatologi
2. Melakukan perhitungan evapotranspirasi secara manual dengan data klimatologi yang telah dikumpulkan
3. Dilakukan analisis curah hujan efektif dengan kemungkinan terjadi 80% (R_{80}) untuk tanaman padi dan palawija.

4. Dilakukan analisis untuk kebutuhan air untuk penyiapan lahan
5. Menentukan alternatif awal tanam
6. Menganalisis besar kebutuhan air irigasi
7. Menganalisis debit andalan menggunakan Metode F. J. Mock
8. Optimasi menggunakan program linier
9. Hasil dan pembahasan

Diagram Alir



Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Perhitungan evapotranspirasi potensial dihitung menggunakan rumus ETo dengan data yang digunakan dalam perhitungan ini adalah curah

hujan selama 15 tahun yaitu tahun 2004-2018. Rekapitulasi besar Evapotranspirasi potensial dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Evapotranspirasi Potensial

Tahun	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2004	mm/hr	5,72	4,72	4,91	5,39	4,11	4,35	4,91	5,46	6,92	7,04	6,72	5,81
2005	mm/hr	5,19	5,95	5,06	4,45	4,90	4,39	4,96	5,70	6,69	6,62	5,88	4,80
2006	mm/hr	4,41	5,18	4,53	3,96	4,46	4,49	4,38	6,15	6,81	8,19	7,66	6,05
2007	mm/hr	5,13	4,89	4,60	4,30	4,71	4,33	4,86	5,97	6,81	6,91	6,53	5,24
2008	mm/hr	5,86	4,54	5,10	5,42	6,07	5,27	5,63	8,17	8,81	9,98	8,26	5,24
2009	mm/hr	5,55	5,14	6,03	6,31	6,12	6,27	7,01	9,14	9,95	11,52	9,03	6,49
2010	mm/hr	5,95	6,60	6,67	5,17	5,07	6,77	6,99	8,95	9,39	8,77	8,79	5,76
2011	mm/hr	4,61	6,31	5,35	4,59	6,29	6,78	7,93	9,73	11,62	10,53	9,38	6,09
2012	mm/hr	5,77	5,98	5,67	5,89	5,65	5,48	5,96	7,30	8,58	10,71	10,23	7,45
2013	mm/hr	5,16	6,69	5,82	6,60	5,50	5,78	7,70	8,70	9,85	9,71	9,06	6,45
2014	mm/hr	6,43	5,88	6,65	5,66	7,20	7,58	7,15	10,97	9,08	10,29	9,78	6,00
2015	mm/hr	5,95	7,02	5,77	5,27	5,96	5,32	6,29	6,92	8,04	7,98	7,02	5,44
2016	mm/hr	5,00	5,77	5,01	4,51	5,46	5,60	5,49	8,02	8,62	9,46	8,93	7,02
2017	mm/hr	6,00	5,62	5,05	4,90	5,68	5,15	6,11	7,52	8,31	8,02	7,56	5,89
2018	mm/hr	4,57	6,13	6,03	5,44	6,23	4,97	5,62	5,58	7,75	8,26	7,08	6,28
Rata-rata		5,42	5,76	5,48	5,19	5,56	5,50	6,07	7,62	8,48	8,93	8,13	6,00

Berdasarkan tabel di atas nilai evapotranspirasi tertinggi terjadi pada bulan Oktober 8,93 mm/hr dan evapotranspirasi terendah terjadi pada bulan April 5,19 mm/hr..

Curah Hujan Efektif

Hasil rekapitulasi perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman padi dan palawija dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Padi dan Palawija

m	Prob	Kondisi	Periode											
			Jan	Feb	Mar	April	Mei	Jun	Juli	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	6,25%	CH (mm)	738,00	422,00	598,00	224,35	99,00	19,00	41,00	8,00	48,00	162,00	217,00	492,70
2	12,50%	CH (mm)	728,55	419,00	448,00	211,00	74,00	7,20	27,00	5,00	6,00	85,00	190,65	386,00
3	18,75%	CH (mm)	677,00	385,00	381,00	190,00	73,00	5,00	8,00	0,00	5,00	77,40	97,00	339,00
4	25,00%	CH (mm)	331,00	384,00	320,00	118,00	70,00	4,00	5,50	0,00	0,00	23,00	87,00	295,00
5	31,25%	CH (mm)	305,00	367,45	273,00	107,80	44,50	0,00	4,00	0,00	0,00	18,00	81,00	275,00
6	37,50%	CH (mm)	289,00	310,00	264,00	68,00	42,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	80,00	269,00
7	43,75%	CH (mm)	287,00	281,00	253,00	43,00	37,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	71,00	250,75
8	50,00%	CH (mm)	264,00	278,00	221,00	40,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	67,00	240,00
9	56,25%	CH (mm)	218,00	257,00	216,00	20,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,00	222,00
10	62,50%	CH (mm)	169,00	192,00	110,00	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,00	205,00
11	68,75%	CH (mm)	159,00	191,00	87,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,00	155,00
12	75,00%	CH (mm)	113,00	155,00	65,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,45	87,00
13	81,25%	CH (mm)	75,00	140,00	57,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,60	43,00
14	87,50%	CH (mm)	66,00	124,00	49,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,00
15	93,75%	CH (mm)	54,00	79,00	39,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Curah Hujan 80% (R80)			82,60	143,00	58,60	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,77	51,80
Re Padi = (0,7 x (R80%/10))			5,80	10,10	4,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	3,70
Re Palawija = (0,5 x (R80%/10))			4,20	7,20	3,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90	2,60

Dari Tabel 3 disimpulkan curah hujan efektif terbesar untuk tanaman padi dan palawija terjadi pada bulan Februari dengan nilai untuk tanaman padi 10,1 mm dan untuk tanaman palawija dengan besar 7,2 mm.

Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Dalam menghitung kebutuhan air untuk penyiapan lahan perlu juga dihitung parameter-parameter seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Parameter	Satuan	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
ETo (mm/hr)	mm/hr	5,42	5,76	5,48	5,19	5,56	5,50	6,07	7,62	8,48	8,93	8,13	6,00
EO = 1,1 x ETo	mm/hr	5,96	6,34	6,03	5,71	6,12	6,05	6,67	8,38	9,33	9,83	8,94	6,60
P (Perkolasi)	mm/hr	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
M	mm/hr	7,96	8,34	8,03	7,71	8,12	8,05	8,67	10,38	11,33	11,83	10,94	8,60
T	hari	31,00	29,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00
S	hari	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
k		0,99	0,97	1,00	0,93	1,01	0,97	1,08	1,29	1,36	1,47	1,31	1,07
PL = (M x e ^k) / (e ^k - 1)	mm/hr	12,69	13,45	12,74	12,77	12,79	13,00	13,16	14,34	15,24	15,37	14,97	13,12
	lt/dtk/ha	1,27	1,35	1,27	1,28	1,28	1,30	1,32	1,43	1,52	1,54	1,50	1,31

Kebutuhan Air irigasi untuk tanaman Padi dan Palawija

Pola tanam yang diterapkan pada Daerah Irigasi Rotiklot adalah Padi – Palawija -Bero. Kebutuhan akan air irigasi untuk tanaman padi dan palawija pada pola tanam tersebut dihitung dengan 4 alternatif dengan 3 musim tanam yakni : musim tanam I : bulan November–Februari, musim tanam II : bulan Maret–Juni dan musim tanam III : bulan Juli–Oktober. Keempat alternatif tersebut digunakan untuk mencari besar kebutuhan air pada tanaman padi dan palawija. (Tabel 5).

Tabel 5. Kebutuhan Air Untuk Penyiapan Lahan

Musim	Bulan	Periode	Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3		Alternatif 4	
			Padi	Palawija	Padi	Palawija	Padi	Palawija	Padi	Palawija
I	Nov	1	2,56	0,39	2,56	-0,34	0,81	1,04	0,67	1,07
		2	2,56	0,41	2,56	0,39	2,56	-0,34	0,35	1,04
		3	2,56	0,44	2,56	0,41	2,56	0,39	2,56	-0,34
	Des	1	1,17	0,23	2,03	0,11	2,03	0,09	2,03	0,07
		2	1,16	0,40	1,17	0,23	2,33	0,11	2,03	0,09
		3	1,14	0,56	1,16	0,40	1,17	0,23	2,03	0,11
	Jan	1	0,64	0,24	0,65	0,18	0,67	0,03	0,68	-0,12
		2	0,61	0,24	0,64	0,24	0,65	0,18	0,67	0,03
		3	0,48	0,21	0,61	0,24	0,64	0,24	0,65	0,18
Feb	1	-0,89	-0,28	-0,23	-0,26	-0,09	-0,23	-0,06	-0,23	
	2	-1,12	-0,31	-0,89	-0,28	-0,23	-0,26	-0,09	-0,23	
	3	0,95	-1,28	-1,12	-0,31	-0,89	-0,28	-0,23	-0,26	
II	Mar	1	1,88	-0,05	1,88	-0,53	-0,08	0,39	0,13	0,42
		2	1,88	-0,03	1,88	-0,05	1,88	-0,53	-0,08	0,39
		3	1,88	-0,01	1,88	-0,03	1,88	-0,05	1,88	-0,53
	Apr	1	1,65	0,59	2,61	0,48	2,61	0,46	2,61	0,44
		2	1,64	0,73	1,65	0,59	2,61	0,48	2,61	0,46
		3	1,63	0,87	1,65	0,73	1,65	0,59	2,61	0,48
	Mei	1	1,70	1,01	1,74	0,95	1,74	0,80	1,74	0,65
		2	1,67	1,02	1,71	1,01	1,74	0,95	1,74	0,80
		3	1,53	0,98	1,69	1,02	1,71	1,01	1,74	0,95
Jun	1	0,88	0,95	1,68	0,97	1,68	1,00	1,70	1,00	
	2	0,67	0,93	1,32	0,95	1,68	0,97	1,68	1,00	
	3	2,67	0,00	0,98	0,00	1,32	0,95	1,68	0,97	
III	Juli	1	2,70	0,54	2,70	0,00	1,04	0,00	1,42	1,05
		2	2,70	0,56	2,70	0,54	2,70	0,00	1,04	0,00
		3	2,70	0,58	2,70	0,56	2,70	0,54	2,70	0,00
	Agust	1	2,15	0,88	2,91	0,73	2,91	0,70	2,91	0,68
		2	2,13	1,09	2,15	0,88	2,91	0,73	2,91	0,70
		3	2,11	1,30	2,15	1,09	2,15	0,88	2,91	0,73
	Sept	1	2,25	1,55	2,31	1,45	2,31	1,22	2,31	0,99
		2	2,21	1,55	2,26	1,55	2,31	1,45	2,31	1,22
		3	2,00	1,50	2,24	1,55	2,26	1,55	2,31	1,45
Okt	1	1,21	1,55	2,32	1,24	2,32	1,63	2,35	1,63	
	2	0,86	1,51	1,92	1,21	2,32	1,58	2,32	1,63	
	3	3,09	0,00	1,36	1,17	1,92	1,55	2,32	1,58	

Analisis Debit Andalan dengan Metode F. J. Mock

Perhitungan debit andalan menggunakan metode F.J. Mock dengan data hujan dari pos hujan umarese yang telah diperoleh. Data hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian yang direkapitulasi menjadi data hujan bulanan dari Tahun 2004-2018. Dalam perhitungan debit andalan menggunakan data luas DAS Rotiklot yang diketahui melalui digitasi menggunakan aplikasi Arcgis 10.8 adalah 15 km², kemudian dilakukan perhitungan pada setiap bulan dan direkapitulasi dalam Tabel 6.

Tabel 6. Besar Debit Andalan

No	Tahun	Sat.	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1	2004	m ³ /dt	0,22	1,20	1,06	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
2	2005	m ³ /dt	2,22	1,10	0,61	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,31
3	2006	m ³ /dt	0,40	0,65	0,43	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
4	2007	m ³ /dt	0,22	0,22	0,53	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,41
5	2008	m ³ /dt	0,22	1,01	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,76
6	2009	m ³ /dt	0,44	0,68	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,30
7	2010	m ³ /dt	0,25	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,57
8	2011	m ³ /dt	0,70	0,55	0,46	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,93
9	2012	m ³ /dt	0,56	0,22	1,19	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
10	2013	m ³ /dt	2,02	1,01	0,22	0,41	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	1,13
11	2014	m ³ /dt	1,93	0,89	0,61	0,49	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,63
12	2015	m ³ /dt	0,77	0,30	0,62	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,48
13	2016	m ³ /dt	0,34	0,25	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,36
14	2017	m ³ /dt	0,22	0,69	1,74	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27	0,68
15	2018	m ³ /dt	0,72	0,76	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
	Rerata		0,75	0,65	0,57	0,25	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,23	0,50

Dari Tabel 5 maka dicari besar Q80 yang dihitung dengan cara perengkingan data dari yang terbesar ke yang terkecil seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Q₈₀

No	Probabilitas (%)	Sat.	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	6,25	m ³ /dt	2,22	1,20	1,74	0,49	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27	1,13
2	12,50	m ³ /dt	2,02	1,10	1,19	0,41	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,93
3	18,75	m ³ /dt	1,93	1,01	1,06	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,76
4	25,00	m ³ /dt	0,77	1,01	0,62	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,68
5	31,25	m ³ /dt	0,72	0,89	0,61	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,63
6	37,50	m ³ /dt	0,70	0,76	0,61	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,57
7	43,75	m ³ /dt	0,56	0,69	0,53	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,48
8	50,00	m ³ /dt	0,44	0,68	0,46	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,41
9	56,25	m ³ /dt	0,40	0,65	0,43	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,36
10	62,50	m ³ /dt	0,34	0,55	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,31
11	68,75	m ³ /dt	0,25	0,30	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,30
12	75,00	m ³ /dt	0,22	0,25	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
13	81,25	m ³ /dt	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
14	87,50	m ³ /dt	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
15	93,75	m ³ /dt	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
	Q ₈₀		0,22	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22

Dari debit 80% yang telah diketahui kemudian di cari volume andalan yang akan digunakan dalam optimasi menggunakan Program Linier. Besar volume andalan diperoleh dari besar Q₈₀ dikali waktu yaitu detik, menit dan jam dan kemudian diperoleh hasil rekapitulasi perhitungan volume andalan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Besar Volume Andalan

Bulan	Satuan	Volume Andalan
Jan	m ³	19354,84
Feb	m ³	19741,58
Mar	m ³	19354,84
Apr	m ³	19354,84
Mei	m ³	19354,84
Jun	m ³	19354,84
Jul	m ³	19354,84
Agust	m ³	19354,84
Sept	m ³	19354,84
Okt	m ³	19354,84
Nov	m ³	19354,84
Des	m ³	19354,84

Optimasi Menggunakan Program Linier

Dalam optimasi menggunakan program linier dengan menentukan 2 fungsi yaitu:

- Fungsi tujuan
 $Z = Xp1 + Xw1 + Xp2 + Xw2 + Xp3 + Xw3$
- Fungsi kendala

Dalam penentuan fungsi kendala nilai yang digunakan adalah rekapitulasi besar kebutuhan air untuk tanaman padi dan palaija pada setiap musim tanam yang kemudian

dimasukan ke *software QM for Windows 3*, kemudian diperoleh hasil seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Optimasi menggunakan Program Linier

Alternatif	Musim Tanam	Luas Lahan (Ha)		Intensitas Tanam (%)		
		Padi	Palawija	Padi	Palawija	Total
1	MT 1	27	0	100	0	100
	MT 2	27	0	100	0	100
	MT 3	27	0	100	0	100
2	MT 1	27	0	100	0	100
	MT 2	27	0	100	0	100
	MT 3	27	0	100	0	100
3	MT 1	27	0	100	0	100
	MT 2	27	0	100	0	100
	MT 3	27	0	100	0	100
4	MT 1	27	0	100	0	100
	MT 2	27	0	100	0	100
	MT 3	27	0	100	0	100
Eksisting	MT 1	24	5	80,00	24,67	104,67
	MT 2	18	7	55,00	20,9	75,9

Dari Tabel 9 menunjukkan bahwa intensitas tanam 300% sedangkan besarnya jumlah intensitas tanam pada keadaan eksisting adalah sebesar 180,57%. Dari hasil optimasi menggunakan program linier diperoleh peningkatan lahan sebesar 81 Ha yang dapat dioptimalkan dari setiap musim taman yang direncanakan dengan masing-masing musim tanam adalah 27 Ha. Hal ini membuktikan bahwa hasil optimasi menggunakan program linier mengoptimalkan 54 Ha yang berarti terjadi peningkatan sebesar 36,24% dari luas total lahan pada Daerah Irigasi Rotiklot 149 Ha. Peningkatan bobot luas lahan tersebut lebih besar dibandingkan dengan jumlah pada keadaan eksisting sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil optimasi adalah Optimum.

Daftar Pustaka

- Bunganaen, W., Hangge, E. E., Aty. J. P. P. 2022. *Analisis Kebutuhan Air pada Daerah Irigasi Air Sagu di Kabupaten Kupang*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 2. No. 2.
- Bunganaen, W., Hangge, E. E., Karbeka, S. N. 2020. *Analisis Ketersediaan Air Terhadap Pola Tanam Dan Luas Areal Irigasi di Daerah Irigasi Siafu*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 9. No.1.
- Bunganaen, W., Sir, W. M. T., Letmai, R. S. 2021. *Jurnal Teknik Sipil. Studi Optimasi Pola Tanam Daerah Irigasi Aimoli Desa Aimoli Kecamatan Alor Barat Laut Kabupaten Alor*.
- Direktorat Jendral Pengairan. 2010. *Kriteria Perencanaan – Bagian Perencanaan*

- Jaringan Irigasi (KP 01)*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Limantara, L. M. 2018. *Rekayasa Hidrologi Edisi Revisi*, Andi, Yogyakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 77 Tahun 2001. *Irigasi* 2001.
- Siarai, K.A. H., Udiana, M. I., Bunganaen, W. 2021. *Jurnal Teknik Sipil. Pola Tanam Dearah Irigasi Kanan Bendung Benenain di Kabupaten Malaka*. Vol. 10, No. 1, April 2021.
- Sidharta, S K. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Jakarta: Gunadarma.
- Simatupang, S., dan Pangaribuan E. 2021. *Pola Tanam*. <https://repository.pertanian.go.id>, diakses pada tanggal 07 Oktober 2022 Pukul 03.45.
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta : PT.