

OPTIMASI DISTRIBUSI AIR IRIGASI MELALUI SISTEM GOLONGAN (STUDI KASUS DAERAH IRIGASI RONGKONG SELUAS 27.000 HA)

Muji Rifai¹, Agus Hari Wahyudi²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email: mujirifai@staff.uns.ac.id

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

Email: agushari63@staff.uns.ac.id

Abstract. *The utilization of river water to support activities in the agricultural sector includes constructing water structures that function to channel or supply water to rice fields through weirs. The water required for rice fields is referred to as irrigation water demand. The amount of water needed in irrigated areas varies, necessitating a water distribution management system, one of which involves creating a crop planting schedule with a technical/rotational system, ensuring the water balance of an irrigation area is well managed. The aim of this research is to achieve the most efficient planting and water distribution plan for an irrigation area, considering the water balance as an indicator of the water management system in fulfilling irrigation water needs. The method used involves comparing the water balance of irrigation areas where water is supplied using a rotational system versus without. The research results show that the appropriate cropping pattern for an irrigation area of more than 25,000 hectares (ha) is to use a rotational system. For the Rongkong Irrigation Area (DI) with a size of 27,947 ha, it is divided into two groups: Group 1 includes: Rongkong Right Irrigation Area with 4,198.38 ha and Rongkong Left Irrigation Area with 6,497.56 ha; Group 2 includes: Rongkong Right Irrigation Area with 7,501.22 ha and Rongkong Left Irrigation Area with 9,749.22 ha. Before using the rotational system, a water deficit occurred in the first week of October, amounting to 0.22 m³/second. However, after implementing the rotational system, the water balance in the Rongkong Irrigation Area no longer showed any water demand deficit.*

ABSTRAK

Pemanfaatan air sungai untuk menunjang kegiatan di bidang pertanian salah satunya adalah dengan mendirikan bangunan air yang fungsinya untuk mengalirkan atau menyuplai air untuk kebutuhan di persawahan melalui bangunan bendung (*weir*). Kebutuhan air di persawahan ini kemudian disebut dengan kebutuhan air irigasi. Kebutuhan air yang diperlukan pada areal irigasi besarnya bervariasi, sehingga perlu sistem manajemen dalam distribusi air salah satunya melalui penyusunan rencana tata tanam dengan sistem rotasi teknis/golongan sehingga neraca air suatu daerah irigasi dapat terkelola dengan baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu mampu mendapatkan rencana tata tanam dan pemberian air yang paling efisien pada daerah irigasi yang memperhatikan neraca air sebagai indikator *water management system* dalam pelayanan kebutuhan air irigasi. Metode yang digunakan yaitu dengan cara melakukan komparasi neraca air daerah irigasi yang dalam pemberian airnya menggunakan golongan dan tanpa golongan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyusunan pola tanam yang sesuai untuk daerah irigasi dengan luasan > 25.000 hektar (ha) yaitu menggunakan sistem golongan. Untuk Daerah Irigasi (DI) Rongkong yang memiliki luasan 27.947 ha dibagi menjadi 2 golongan yaitu: Golongan 1 meliputi: Daerah Irigasi Rongkong Kanan seluas 4.198,38 ha dan Daerah Irigasi Rongkong Kiri seluas 6.497,56 ha; Golongan 2 meliputi: Daerah Irigasi Rongkong Kanan seluas 7.501,22 ha dan Daerah Irigasi Rongkong Kiri seluas 9.749,22 ha. Kemudian pada neraca air yang belum menggunakan sistem golongan, masih terjadi defisit air di minggu ke-1 Bulan Oktober sebesar 0,22 m³/detik Sedangkan setelah menggunakan sistem golongan, neraca air ada Daerah Irigasi Rongkong sudah tidak menunjukkan adanya defisit kebutuhan air.

Kata kunci: irigasi, rotasi teknis, sistem golongan, *water management*

1. PENDAHULUAN

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat dibutuhkan dalam membangun hidup dan kehidupan makhluk dimuka bumi. Demikian juga kebutuhan manusia terhadap air baik untuk memenuhi kebutuhan air minum atau kebutuhan-kebutuhan lain seperti pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan. Diantara pemanfaatan air oleh manusia dipergunakan untuk keperluan pertanian [1]. Air merupakan sumber daya yang sangat penting untuk produksi pertanian, dan penggunaannya yang efisien sangat penting untuk pertanian yang berkelanjutan [2]. Indonesia adalah negara yang sebagian besar penduduknya hidup dari pertanian dan makanan pokoknya beras, sagu, dan ubi hasil produksi pertanian. Karena itu, pembangunan pertanian di Indonesia merupakan sektor yang sangat penting untuk menunjang kehidupan manusia yaitu sebagai penyediaan kebutuhan pangan [3]. Pemenuhan kebutuhan air pertanian tanaman pangan dilakukan melalui irigasi [4]. Irigasi merupakan usaha penyediaan air untuk mendukung kegiatan

Corresponding Author

E-mail Address : mujirifai@staff.uns.ac.id

pertanian berupa usaha untuk menyediakan dan mengatur air untuk mendukung kegiatan pertanian yang dalam pelaksanaannya memerlukan jaringan irigasi yang terdiri dari jaringan utama dan jaringan tersier [5]. Untuk memenuhi kebutuhan air irigasi khususnya daerah persawahan maka perlu didirikan sistem irigasi dan bangunan bendung, yang kemudian disebut dengan kebutuhan air irigasi [6]. Tujuan irigasi adalah mengalirkan air secara teratur sesuai kebutuhan tanaman pada saat persediaan air tanah tidak mencukupi untuk mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman bisa tumbuh secara normal [7]. Kemudian kebutuhan air di persawahan ini kemudian disebut dengan kebutuhan air irigasi. Apabila besarnya kebutuhan air irigasi diketahui maka dapat diprediksi pada waktu tertentu, kapan ketersediaan air dapat memenuhi dan tidak dapat memenuhi kebutuhan air irigasi sebesar yang dibutuhkan [8]. Air irigasi di Indonesia umumnya bersumber dari sungai, waduk, air tanah, tadah hujan maupun sistem pasang surut [9]. Kebutuhan air irigasi merupakan jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evaporasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah [10].

Daerah Irigasi (D.I.) adalah suatu wilayah daratan yang kebutuhan airnya dipenuhi oleh sistem irigasi. Daerah Irigasi biasanya merupakan areal persawahan yang membutuhkan banyak air untuk produksi padi [11]. Untuk meningkatkan produksi pada areal persawahan dibutuhkan sistem irigasi yang handal, yaitu sistem irigasi yang dapat memenuhi kebutuhan air irigasi sepanjang tahun. Oleh sebab itu perlu adanya keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air, termasuk kebutuhan air pada daerah pertanian dimana air yang di ambil dari sungai melalui saluran irigasi haruslah seimbang dengan jumlah air yang tersedia. Kebutuhan air di daerah pertanian di pengaruhi faktor evapotranspirasi, perkolasi, penggantian lapisan, dan curah hujan efektif [12]. Besarnya kebutuhan air irigasi ditentukan oleh beberapa faktor meliputi cara penyiapan lahan, kebutuhan air tanaman, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air dan curah hujan efektif [13]. Jika besarnya kebutuhan air irigasi diketahui maka dapat diprediksi pada waktu tertentu, kapan ketersediaan air dapat memenuhi dan tidak dapat memenuhi kebutuhan air irigasi sebesar yang dibutuhkan. Apabila ketersediaan air tidak mencukupi maka dilakukan antisipasi dengan mengubah sistem pemberian air dan rencana tata tanam [14]. Menurut Puteriana [15], mengingat kecenderungan ketersediaan air khususnya dari air permukaan (sungai) yang tetap sedangkan kebutuhan yang terus meningkat, agar tidak terjadi kekurangan air maka harus segera dilakukan upaya-upaya efisiensi pemakaian air.

Salah satu cara untuk melakukan manajemen air irigasi yaitu dengan cara pemberian air melalui sistem rotasi teknis melalui pengaturan rencana tata tanam dengan golongan sesuai luasan serta jenis tanaman di daerah irigasi [16]. Analisis neraca air (*water balance*) digunakan sebagai parameter dalam cukup atau tidaknya antara ketersediaan dan kebutuhan air [17]. Rotasi atau giliran dilakukan untuk mengoptimalkan pemberian air saat terjadi defisit khususnya pada Musim Tanam II. Rotasi dapat mengurangi jumlah kejadian defisit yang masih ada ketika dilakukan penggolongan sekitar 33-48%, tetapi tidak menghilangkan seluruh kejadian defisit tersebut [18]. Jadwal pembagian air irigasi harus berdasarkan pola tanam yang cocok dengan lingkungan alam di wilayah tersebut agar menghasilkan penggunaan air dan lahan yang efektif serta menguntungkan bagi petani [19].

Berdasarkan hal-hal tersebut, sangat perlu dilakukan suatu analisis ketersediaan dan kebutuhan air yang bertujuan untuk mendapatkan besarnya debit kebutuhan air irigasi maksimum dan minimum. Lokasi penelitian yaitu Daerah Irigasi Rongkong di Kabupaten Luwu seluas 27.000 hektar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi air yang terjadi sepanjang tahun dan alternatif pola tanam yang paling efektif dan efisien pada Daerah Irigasi Rongkong, sehingga air dapat terkelola dengan baik serta memberikan alternatif optimasi manajemen distribusi air irigasi menggunakan sistem rotasi teknis.

2. LANDASAN TEORI

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam sistem irigasi meliputi ketersediaan dan kebutuhan air irigasi. Menurut Soemarto [20] besarnya kebutuhan air irigasi dianalisis melalui tahapan berikut:

1. Nilai evapotranspirasi dihitung menggunakan Rumus Penman Modifikasi seperti Persamaan (1) berikut:

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

Keterangan:

E_{to}	= evapotranspirasi (mm/hari)
e_a	= Tekanan uap jenuh (mbar)
e_d	= Tekanan uap nyata (mbar)
$f(U)$	= Fungsi angin (m/s)
U	= Kecepatan angin (m/s)
$1 - W$	= Faktor pembobot
R_n	= $R_{ns} - R_{nl}$
R_{ns}	= Radiasi gelombang pendek netto
R_{nl}	= Radiasi gelombang panjang netto

C = Koefisien bulanan

2. Menghitung kebutuhan air untuk penyiapan lahan sesuai dengan KP-01 Standar Perencanaan Irigasi
 Untuk petak tersier, jangka waktu yang dianjurkan untuk penyiapan lahan adalah 1,5 bulan. Bila penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin, jangka waktu satu bulan dapat dipertimbangkan. Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah bisa diambil 200 mm. Ini meliputi penjemuran dan penganangan sawah, pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi
3. Menghitung kebutuhan air tanaman sesuai KP-01 Standar Perencanaan Irigasi
 Penggunaan konsumtif adalah jumlah air yang dipakai oleh tanaman untuk proses fotosintesis dari tanaman tersebut yang dihitung dengan rumus sesuai Persamaan (2) sebagai berikut:

$$ETc = Kc \cdot Eto \quad (2)$$

Keterangan

Kc = Koefisien tanaman

ETo = Evapotranspirasi potensial (Penmann modifikasi) (mm/hari)

4. Memperkirakan nilai laju perkolasi lahan yang dipakai sesuai kondisi lapangan
 Perkolasi adalah gerakan air ke bawah dari zona tidak jenuh, yang tertekan di antara permukaan tanah sampai ke permukaan air tanah (zona jenuh). Daya perkolasi (P) adalah laju perkolasi maksimum yang dimungkinkan, yang besarnya dipengaruhi oleh kondisi tanah dalam zona tidak jenuh yang terletak antara permukaan tanah dengan permukaan air tanah. Pada tanah lempung dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1 s.d 3 mm/hari [20]. Pada tanah-tanah yang lebih ringan laju perkolasi bisa lebih tinggi. Tabel 1 menyajikan nilai perkolasi (mm/hari) yang menyesuaikan dengan jenis tanah.

Tabel 1. Harga perkolasi dari berbagai jenis tanah (Soemarto, 1999)

Macam Tanah	Perkolasi (mm/hari)
Sandy loam	3 – 6
Loam	2 – 3
Clay	1 – 2

5. Menghitung besarnya pergantian lapisan air sesuai KP-01 Standar Perencanaan Irigasi
 Penggantian lapisan air dilakukan setelah pemupukan. Penggantian lapisan air dilakukan menurut kebutuhan. Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama 1/2 bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.
6. Menghitung curah hujan efektif sesuai KP-01 Standar Perencanaan Irigasi
 Curah hujan efektif digunakan untuk memenuhi air konsumtif tanaman (padi dan palawija), dimana besarnya ditentukan dengan 70% dari curah hujan rata – rata tengah bulanan dengan kemungkinan kegagalan 20% seperti pada Persamaan 3 dan 4 berikut ini:

$$Re \text{ padi} = 1/15 \times 70\% \times R_{80} \quad (3)$$

$$Re \text{ plwj} = 1/15 \times 70\% \times R_{50} \quad (4)$$

Keterangan:

Re = Curah hujan efektif (mm)

R80 = Curah hujan probabilitas 80% (mm)

R50 = Curah hujan probabilitas 50% (mm)

7. Menghitung kebutuhan air disawah sesuai KP-01 Standar Perencanaan Irigasi
 NFR padi = Etc + P – Re + WLR
 NFR palawija = Etc – Re
8. Menghitung tingkat efisiensi saluran irigasi sesuai KP-01 Standar Perencanaan Irigasi
 Eff = Eff primer x Eff sekunder x Eff tersier
9. Menghitung kebutuhan air pada pintu pengambilan sesuai KP-01 Standar Perencanaan Irigasi
 DR = (NFR x A)/Eff

Menurut Soemarto [20], debit andalan dihitung berdasarkan probabilitas 80 % dari debit inflow sumber air pada pencatatan debit dan periode tertentu. Untuk mengetahui besarnya nilai debit andalan dengan probabilitas 80 % digunakan Metode Weibull sesuai dengan Persamaan (5) berikut ini:

$$P = m/(n+1) \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

Keterangan:

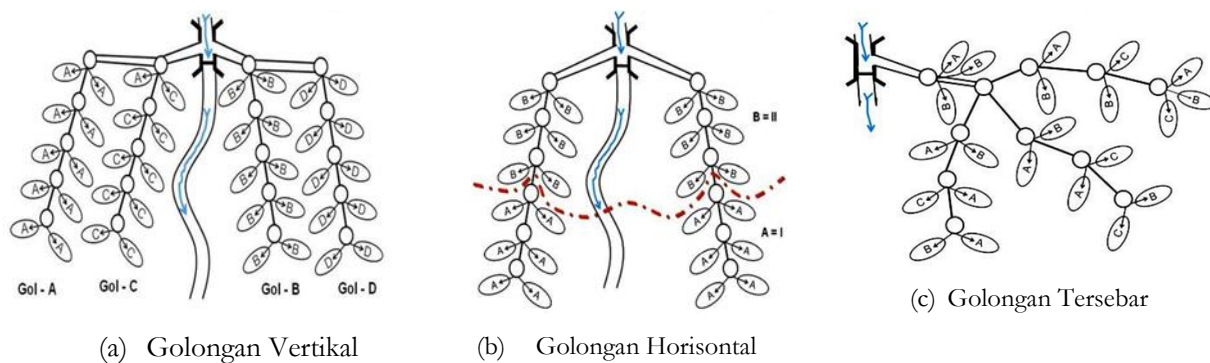
P = Probabilitas terjadinya debit yang diharapkan selama periode pengamatan (%)

m = Nomor urut kejadian

n = Jumlah data debit

Sistem Golongan yaitu pemberian air berdasarkan pengelompokan wilayah budidaya (petak sawah) tanaman padi dan palawija berdasarkan suatu jadwal yang telah disepakati Perkumpulan Petani Pemakai Air (P3A) dan ditetapkan oleh

panitia irigasi setempat. Sistem golongan dikenal dengan tiga kategori yaitu: golongan vertikal, golongan horisontal dan golongan tersebar [21]. Gambar 1. memberi penjelasan mengenai kategori sistem golongan dalam sistem jaringan irigasi.



Gambar 1. Kategori penggolongan dalam sistem irigasi (a) Golongan Vertikal; (b) Golongan Horisontal; (c) Golongan Tersebar

Tabel 2. Persyaratan penggolongan dan rotasi teknis (Ditjen Sumber Daya Air Kementerian PUPR, 2013)

1. Jenis sumber air	Musim hujan	Terus menerus			
2. Jenis tanaman	Umumnya satu tanaman rendengan	Tumpang sari			
3. Luas areal irigasi	Luas > 25.000 ha	Sedang 10.000 – 25.000 ha	Kecil < 10.000 ha	Luas > 25.000 ha	Sedang/kecil < 25.000 ha
4. Rotasi golongan	Ya, perlu mempertimbangkan air yang tersedia di sungai	Ya / Tidak	Tidak, dikarenakan OP rumit	Ya, penghematan dan sumber air permanen. Saluran lebih pendek	Ya/tidak Mungkin terlalu rumit

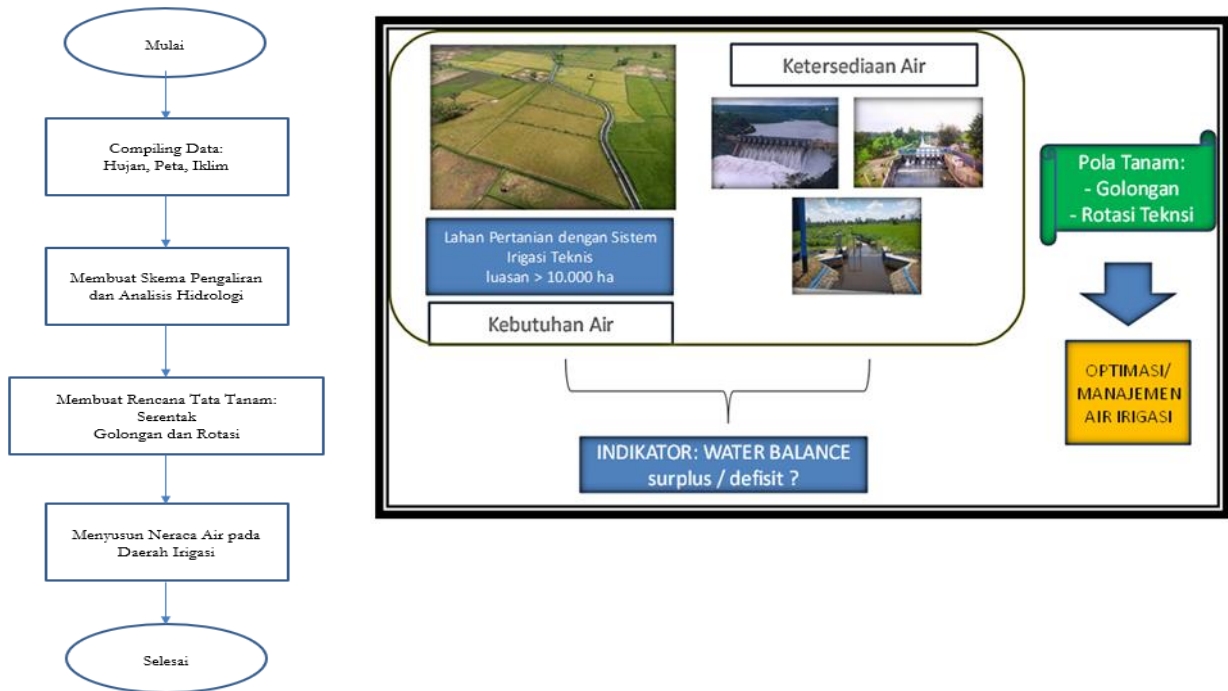
Tabel 2 di atas menjelaskan mengenai perlu atau tidaknya sistem golongan dan rotasi teknis berdasarkan jenis sumber air, tanaman dan luas areal.

3. METODE

Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada Standar Perencanaan Irigasi yang dikeluarkan oleh Ditjen Sumber Daya Air Kementerian PUPR. Adapun tahapan penelitian yaitu:

- Data yang dikumpulkan meliputi: data hujan, klimatologi, peta topografi (menentukan luas DAS Rongkong).
- Pembuatan denah/skema pengaliran pada daerah irigasi yang meliputi letak sumber air (sungai), lokasi bangunan pengambilan pada sungai beserta luas catchment area dan daerah layanan irigasi (petak sawah).
- Menghitung analisis hidrologi meliputi: curah hujan area, curah hujan efektif, evaporasi penman, debit andalan sungai dan kebutuhan air irigasi.
- Menyusun rencana tata tanam dengan berbagai skenario: metode serentak dan metode rotasi teknis melalui penggolongan yang disesuaikan dengan jenis tanaman.
- Membuat neraca air antara ketersediaan air dengan kebutuhan air irigasi dari skenario yang ada dan menentukan yang paling efisien dalam hal pengelolaan air/menurunkan debit puncak pada neraca air.

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa proses tahapan dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.

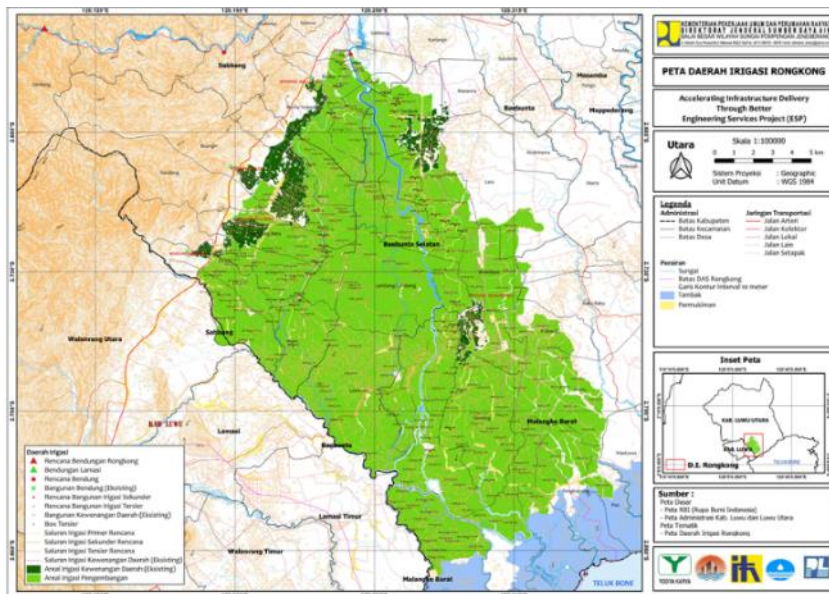


Gambar 2. (a) Bagan alir dan (b) Roadmap penelitian

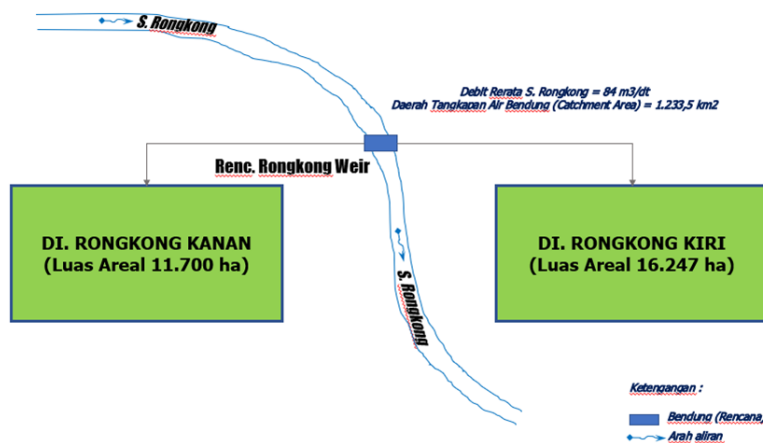
4. PEMBAHASAN

Daerah Irigasi Rongkong memiliki luas areal 27.947 ha , di mana sesuai dengan KP-01 Standar Perencanaan Irigasi yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat menjelaskan bahwa daerah irigasi dengan luasan > 25.000 ha memerlukan cara pembagian air menggunakan rotasi golongan. Data daerah irigasi yang akan diteliti disajikan pada penjelasan dan Gambar 3 dan 4 berikut:

- Nama Daerah Irigasi : Daerah Irigasi (D.I.) Raerah Ironkong
- Lokasi : Kab. Luwu Utara, Provinsi Sulawesi Selatan
- Luas total DI : 27.947 ha
- Pembagian : D.I. Rongkong Kanan 11.700 ha dan D.I. Rongkong Kiri 16.247 ha
- Sumber air : Sungai Rongkong (mengalir sepanjang waktu)
- BangunanPengambilan : intake dari Bendung
- Pola tanam : padi-padi-palawija



Gambar 3. Peta dan skema pengaliran D.I. Rongkong



Gambar 4. Skema pengaliran D.I. Rongkong

Analisis curah hujan area yang dihitung dengan menggunakan rata-rata aljabar karena hanya terdapat 2 stasiun hujan yang mempengaruhi areal Daerah Irigasi Rongkong, yaitu Stasiun Hujan Sabbang dan Stasiun Hujan Rongkong yang disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Curah hujan area DI. Rongkong

TAHUN	Curah Hujan (mm)																								Hujan Area (mm)
	Jan I	Jan II	Feb I	Feb II	Mar I	Mar II	Apr I	Apr II	Mei I	Mei II	Jun I	Jun II	Jul I	Jul II	Ags I	Ags II	Sep I	Sep II	Okt I	Okt II	Nov I	Nov II	Des I	Des II	
2011	274	135	141	136	182	188	134	348	178	175	98	118	113	72	39	48	303	26	106	92	333	250	524	660	4669
2012	253	112	298	118	373	240	203	274	217	483	351	192	288	91	174	65	57	58	11	194	76	98	53	339	4613
2013	172	308	205	87	60	186	226	128	130	156	129	64	117	74	23	43	29	50	71	97	141	82	146	129	2849
2014	152	308	212	147	124	99	89	108	61	72	67	143	103	192	94	114	53	77	63	61	188	222	73	227	3048
2015	114	127	172	83	212	215	129	124	201	91	79	58	28	16	71	20	12	32	44	55	247	217	108	92	2542
2016	193	80	159	70	123	37	92	208	73	121	38	37	54	54	49	44	59	59	38	122	108	110	99	130	2153
2017	154	171	144	200	157	81	212	158	187	119	127	65	72	119	92	78	121	89	121	162	149	111	92	182	3161
2018	150	213	245	148	232	364	225	133	103	172	62	91	32	75	50	21	113	26	9	65	207	206	115	46	3099
2019	229	393	213	70	146	142	195	199	114	122	58	61	32	131	60	36	14	46	71	40	90	142	83	256	2940
2020	105	238	188	173	291	160	163	117	110	151	203	98	77	75	46	41	41	130	214	171	140	157	171	80	3336

Berdasarkan hasil dari Tabel 3, hujan area terbesar terjadi di Tahun 2011. Sedangkan hujan area terkecil terjadi pada Tahun 2016. Langkah selanjutnya yaitu mencari curah hujan dengan tingkat keandalan 50% dan 80% sebagai dasar penentuan besarnya hujan efektif (Reff) pada masing-masing tanaman. Untuk tanaman padi menggunakan Re 80%, sedangkan palawija menggunakan Re 50%. Untuk lebih jelasnya mengenai keandalan hujan serta besarnya hujan efektifnya dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6 berikut ini.

Tabel 4. Hujan dengan tingkat keandalan 50% dan 80% (Q-50 dan Q-80)

Prob	Curah Hujan (mm)																							
	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	Agt-1	Agt-2	Sep-1	Sep-2	Okt-1	Okt-2	Nop-1	Nop-2	Des-1	Des-2
9%	274	393	298	200	373	364	226	348	217	483	351	192	288	192	174	114	303	130	214	194	333	250	524	660
18%	253	308	245	173	291	240	225	274	201	175	203	143	117	131	94	78	121	89	121	171	247	222	171	339
27%	229	308	213	148	232	215	212	208	187	172	129	118	113	119	92	65	113	77	106	162	207	217	146	256
36%	193	238	212	147	212	188	203	199	178	156	127	98	103	91	71	48	59	59	71	122	188	206	115	227
45%	172	213	205	136	182	186	195	158	130	151	98	91	77	75	60	44	57	58	71	97	149	157	108	182
55%	154	171	188	118	157	160	163	133	114	122	79	65	72	75	50	43	53	50	63	92	141	142	99	130
64%	152	135	172	87	146	142	134	128	110	121	67	64	54	74	49	41	41	46	44	65	140	111	92	129
73%	150	127	159	83	124	99	129	124	103	119	62	61	32	72	46	36	29	32	38	61	108	110	83	92
82%	114	112	144	70	123	81	92	117	73	91	58	58	32	54	39	21	14	26	11	55	90	98	73	80
91%	105	80	141	70	60	37	89	108	61	72	38	37	28	16	23	20	12	26	9	40	76	82	53	46

Prob	Curah Hujan (mm)																							
	80%	115	147	73	123	84	99	118	79	97	59	58	32	58	40	24	17	27	16	56	93	100	75	82
50%	163	192	196	127	170	173	179	145	122	136	88	78	74	75	55	43	55	54	67	95	145	149	104	156

Tabel 5. Hujan efektif untuk tanaman padi

Uraian	Hujan Efektif untuk Padi (mm/hari)																							
	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
n	15	16	14	14	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16	15	16	15	15	15	16	15	16	15	16
R 80	121	115	147	73	123	84	99	118	79	97	59	58	32	58	40	24	17	27	16	56	93	100	75	82
Reff = (0,70 X R80) /	5,63	5,03	7,33	3,63	5,73	3,69	4,64	5,52	3,68	4,23	2,74	2,72	1,47	2,52	1,89	1,05	0,78	1,27	0,76	2,44	4,36	4,67	3,48	3,60

Tabel 6. Hujan efektif untuk tanaman palawija

Uraian	Hujan Efektif untuk Palawija (mm/hari)																							
	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
n	15	16	14	14	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16	15	16	15	15	15	16	15	16	15	16
R 50	163	192	196	127	170	173	179	145	122	136	88	78	74	75	55	43	55	54	67	95	145	149	104	156
Reff = (R50) / n	10,85	11,99	14,01	9,05	11,30	10,80	11,92	9,68	8,13	8,53	5,88	5,19	4,94	4,66	3,68	2,71	3,67	3,60	4,44	5,91	9,68	9,96	6,90	9,74

Berdasarkan hasil Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai hujan efektif untuk tanaman padi lebih kecil daripada palawija dikarenakan pada tanaman padi menggunakan nilai keandalan 80%, sedangkan palawija menggunakan nilai keandalan 50%. Data debit aliran sungai merupakan data riil yang menunjukkan langsung besarnya ketersediaan air (sungai) yang akan dianalisis menjadi debit andalan. Data debit yang digunakan yaitu dari *Automatic Water Lever Recorder (AWLR)* Narobo dengan rentang waktu (*time series*) selama 4 tahun (Tahun 2014 sampai dengan Tahun 2017) disajikan pada Tabel 7. Pos AWLR ini terletak di dekat rencana lokasi Bendung Rongkong sebagai titik tinjau dalam perhitungan ketersediaan air.

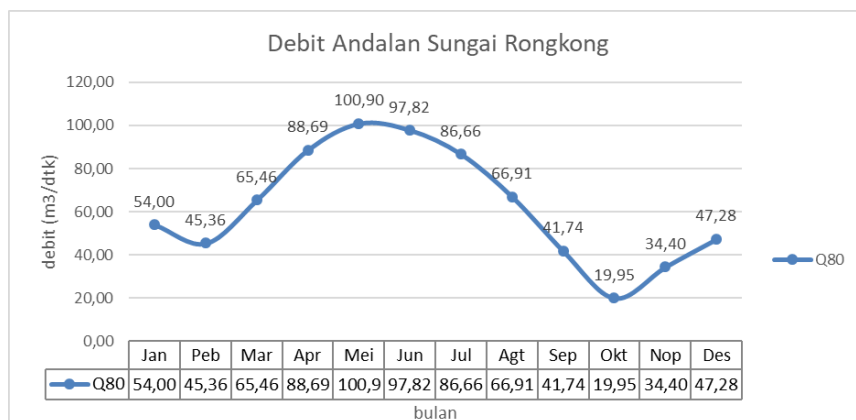
Tabel 7. Data debit aliran Sungai Rongkong berdasarkan AWLR Narobo (BBWS Pompengan Jeneberang, 2020)

TAHUN	Debit (m ³ /detik)											
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
2014	58,88	45,36	65,46	88,69	100,90	156,78	135,31	89,98	41,74	19,95	34,40	47,28
2015	58,74	81,40	96,51	131,99	117,31	112,30	90,20	78,79	65,81	49,14	38,41	60,06
2016	65,38	115,98	160,19	154,31	104,24	97,82	86,66	66,91	56,65	83,29	88,19	69,28
2017	54,00	61,12	82,96	94,53	119,31	137,61	120,70	100,36	72,23	59,84	62,56	63,29
Average	59,25	75,96	101,28	117,38	110,44	126,13	108,21	84,01	59,11	53,06	55,89	59,98
	Rerata/th											84,22

Berdasar Tabel 7 dapat diketahui bahwa debit rata-rata Sungai Rongkong yaitu sebesar 84,22 m³/detik. Tahap selanjutnya yaitu melakukan analisis terhadap ketersediaan air untuk menyuplai Daerah Irigasi Rongkong, di mana sumber airnya berasal dari Sungai Rongkong. Dalam analisis ketersediaan air menggunakan data debit yang tercatat pada AWLR Narobo dengan metode Basic Month. Pemilihan metode ini dikarenakan dalam melayani kebutuhan air irigasi secara rutin lebih disarankan menggunakan metode Basic Month agar diketahui perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air bulanan/tengah bulanan (Kementerian PUPR, 2013). Kemudian nilai ketersediaan air Sungai Rongkong berdasarkan peluang terjadinya dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 5 berikut.

Tabel 8. Ketersediaan air pada Sungai Rongkong (Analisis, 2022)

Urutan	Debit (m ³ /dtk)												Peluang
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
1	65,38	115,98	160,19	154,31	119,31	156,78	135,31	100,36	72,23	83,29	88,19	69,28	20%
2	58,88	81,40	96,51	131,99	117,31	137,61	120,70	89,98	65,81	59,84	62,56	63,29	40%
3	58,74	61,12	82,96	94,53	104,24	112,30	90,20	78,79	56,65	49,14	38,41	60,06	60%
4	54,00	45,36	65,46	88,69	100,90	97,82	86,66	66,91	41,74	19,95	34,40	47,28	80%



Gambar 5. Grafik ketersediaan air pada Sungai Rongkong (Analisis, 2022)

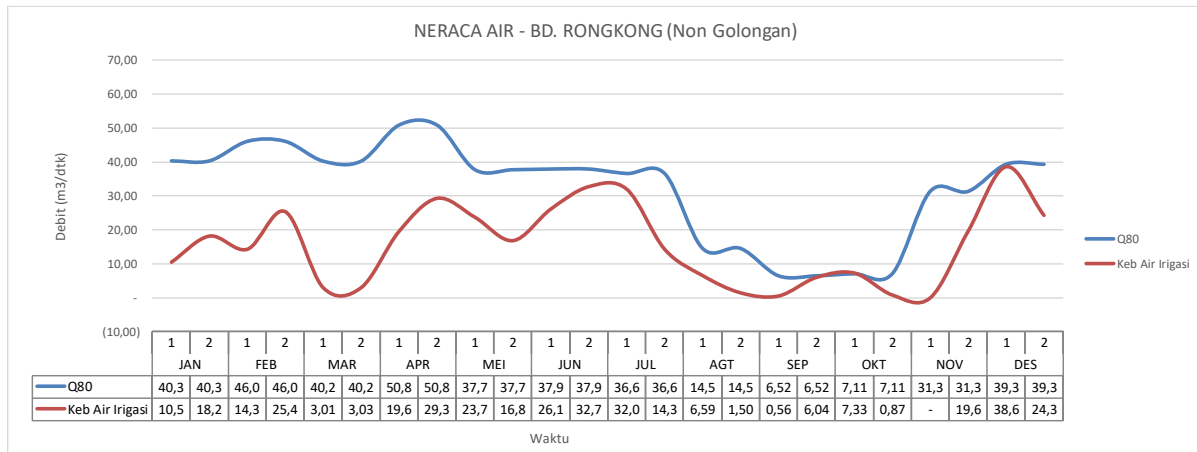
Debit andalan pada umumnya dianalisis sebagai debit rata-rata untuk periode bulanan. Kemungkinan tak terpenuhi ditetapkan 20% (Soemarto, 1999) untuk menilai tersedianya air berkenaan dengan kebutuhan pengambilan. Berdasarkan Tabel 8 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa Q80 Sungai Rongkong terkecil terjadi Bulan Oktober sebesar 19,95 m³/dtk, sedangkan yang terbesar terjadi Bulan Mei sebesar 100,90 m³/detik. Kemudian di dalam menghitung kebutuhan air irigasi harus menyesuaikan dengan periode masa tanam (MT) yang telah ada atau disahkan oleh pemerintah daerah setempat. Rencana pola tanam untuk Daerah Irigasi Rongkong disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 9. Rencana pola tanam DI. Rongkong Kiri tanpa sistem golongan (Analisis, 2022)

Nama	Bulan Periode	Nop		Des		Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agt		Sep		Okt		Nop
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Luas Area: 16.347 ha		LP		MT-1: Padi						LP				MT-2: Padi				MT-3: Palawija (jagung)								
1	Eto (mm/hari)	4,53	4,25	4,25	4,33	4,33	4,49	4,49	4,69	4,69	4,48	4,48	4,21	4,21	3,79	3,79	3,71	3,71	4,46	4,46	4,85	4,85	4,92	4,92	4,53	
2	P (mm/hari)	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Re (mm/hari)	4,67	3,48	3,60	5,63	5,03	7,33	3,63	5,73	3,69	4,64	5,52	3,68	4,23	2,74	2,72	1,47	2,52	1,89	2,71	3,67	3,60	4,44	5,91	9,68	
4	Kc 3	0,00	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,50	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95	
5	Kc 2	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,50	0,59	0,86	1,05	1,02	0,95	
6	Kc 1	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,50	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95	0,95	
7	Kc rata-rata	0,00	0,40	0,82	1,27	1,30	1,31	0,87	0,43	0,00	0,00	0,40	0,82	1,27	1,30	1,31	0,87	0,43	0,00	0,50	0,59	0,93	1,05	1,02	0,95	
8	WLR 3(mm/hari)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
9	WLR 2(mm/hari)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
10	WLR 1(mm/hari)	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
11	WLR rata-rata	0,00	0,00	0,00	1,11	1,11	2,22	1,11	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,11	2,22	1,11	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	M = 1.1 Eto + P	7,98	7,68	7,68	6,76	6,76	7,94	6,94	7,16	6,16	7,93	7,93	7,63	6,63	6,17	7,17	6,08	6,08	5,91	5,91	6,34	6,34	6,41	6,41	5,98	
13	k = M ^{0.75} /S	1,20	1,15	1,15	1,01	1,01	1,19	1,04	1,07	0,92	1,19	1,19	1,14	0,99	0,93	1,08	0,91	0,91	0,89	1,77	1,90	1,90	1,92	1,92	1,79	
14	e ^{0.5}	3,31	3,16	3,16	2,76	2,76	3,29	2,83	2,93	2,52	3,28	3,28	3,14	2,70	2,52	2,93	2,49	2,49	2,42	5,88	6,69	6,69	6,84	6,84	6,02	
15	(e ^{0.5} - 1)	2,31	2,16	2,16	1,76	1,76	2,29	1,83	1,93	1,52	2,28	2,28	2,14	1,70	1,52	1,93	1,49	1,49	1,42	4,88	5,69	5,69	5,84	5,84	5,02	
16	IR = M * e ^{0.5} / (e ^{0.5} - 1) (mm/hari)	11,44	11,23	11,23	10,61	10,61	11,41	10,73	10,88	10,21	11,40	11,40	11,20	10,52	10,22	10,88	10,16	10,16	10,05	7,12	7,45	7,45	7,51	7,51	7,18	
17	Etc (mm/hari)	11,44	11,23	11,23	3,50	3,50	5,48	5,63	5,88	3,89	2,03	0,00	11,40	11,40	3,47	5,33	4,93	4,96	3,22	1,61	0,00	2,23	2,86	4,49	5,17	
18	NFR (mm/hari)	6,77	7,75	2,90	2,96	3,71	3,78	3,38	-0,59	-2,69	6,76	5,88	2,78	4,21	5,30	7,47	4,85	2,20	-0,89	0,52	0,19	1,89	1,72	0,21	0,00	
19	NFR (lt/dt/ha)	0,79	0,90	0,34	0,34	0,43	0,44	0,39	0,00	0,00	0,78	0,68	0,32	0,49	0,61	0,87	0,56	0,26	0,00	0,06	0,02	0,22	0,20	0,01	0,00	
20	Dr (lt/dt/ha)	1,21	1,38	0,52	0,53	0,66	0,67	0,60	0,00	0,00	1,21	1,05	0,50	0,75	0,95	1,33	0,87	0,39	0,00	0,09	0,03	0,34	0,31	0,02	0,00	
21	Luas areal (Ha)	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	16247	
22	Q kebutuhan (M3/dt)	19,62	22,45	8,40	8,58	10,76	10,95	9,79	0,00	0,00	19,60	17,04	8,07	12,20	15,36	21,65	14,06	6,38	0,00	1,50	0,56	5,49	5,00	0,33	0,00	

Tabel 10. Rencana pola tanam DI. Rongkong Kanan tanpa sistem golongan (Analisis, 2022)

Nama	Bulan Periode	Nop		Des		Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agt		Sep		Okt		Nop
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Luas Area: 11.700 ha		LP		MT-1: Padi						LP				MT-2: Padi				MT-3: Palawija (jagung)								
1	Eto (mm/hari)	4,53	4,25	4,25	4,33	4,33	4,49	4,49	4,69	4,69	4,48	4,48	4,21	4,21	3,79	3,79	3,71	3,71	4,46	4,46	4,85	4,85	4,92	4,92	4,53	
2	P (mm/hari)	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Re (mm/hari)	4,67	3,48	3,60	5,63	5,03	7,33	3,63	5,73	3,69	4,64	5,52	3,68	4,23	2,74	2,72	1,47	2,52	1,89	2,71	3,67	3,60	4,44	5,91	9,68	
4	Kc 3	0,00	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,50	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95	
5	Kc 2	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,50	0,59	0,86	1,05	1,02	0,95	
6	Kc 1	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	1,27	1,33	1,30	1,30	0,00	0,00	0,50	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95	0,95	
7	Kc rata-rata	0,00	0,40	0,82	1,27	1,30	1,31	0,87	0,43	0,00	0,00	0,40	0,82	1,27	1,30	1,31	0,87	0,43	0,00	0,50	0,59	0,93	1,05	1,02	0,95	
8	WLR 3(mm/hari)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
9	WLR 2(mm/hari)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
10	WLR 1(mm/hari)	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
11	WLR rata-rata	0,00	0,00	0,00	1,11	1,11	2,22	1,11	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	1,11	2,22	1,11	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	M = 1.1 Eto + P	7,98	7,68	7,68	6,76	6,76	7,94	6,94	7,16	6,16	7,93	7,93	7,63	6,63	6,17	7,17	6,08	6,08	5,91	5,91	6,34	6,34	6,41	6,41	5,98	
13	k = M ^{0.75} /S	1,20	1,15	1,15	1,01	1,01	1,19	1,04	1,07	0,92	1,19	1,19	1,14	0,99	0,93	1,08	0,91	0,91	0,89	1,77	1,90	1,90	1,92	1,92	1,79	
14	e ^{0.5}	3,31	3,16	3,16	2,76	2,76	3,29	2,83	2,93	2,52	3,28	3,28	3,14	2,70	2,52	2,93	2,49	2,49	2,42	5,88	6,69	6,69	6,84	6,84	6,02	
15	(e ^{0.5} - 1)	2,31	2,16	2,16	1,76	1,76	2,29	1,83	1,93	1,52	2,28	2,28	2,14	1,70	1,52	1,93	1,49	1,49	1,42	4,88	5,69	5,69	5,84	5,84	5,02	
16	IR = M * e ^{0.5} / (e ^{0.5} - 1) (mm/hari)	11,44	11,23	11,23	10,61	10,61	11,41	10,73	10,88	10,21	11,40	11,40	11,20	10,52	10,22	10,88	10,16	10,16	10,05	7,12	7,45	7,45	7,51	7,51	7,18	
17	Etc (mm/hari)	11,44	11,23	11,23	3,50	3,50	5,48	5,63	5,88	3,89	2,03	0,00	11,40	11,40	3,47	5,33	4,93	4,96	3,22	1,61	0,00	2,23	2,86	4,49	5,17	
18	NFR (mm/hari)	6,77	7,75	2,90	2,96	3,71	3,78	3,38	-0,59	-2,69	6,76	5,88	2,78	4,21	5,30	7,47	4,85	2,20	-0,89	0,52	0,19	1,89	1,72	0,11	0,00	
19	NFR (lt/dt/ha)	0,79	0,90	0,34	0,34	0,43	0,44	0,39	0,00	0,00	0,78	0,68	0,32	0,49	0,61	0,87	0,56	0,26	0,00	0,06	0,02	0,22	0,20	0,01	0,00	
20	Dr (lt/dt/ha)	1,21	1,38	0,52	0,53	0,66	0,67	0,60	0,00	0,00	1,21	1,05	0,50	0,75	0,95	1,33	0,87	0,39	0,00	0,09	0,03	0,34	0,31	0,02	0,00	
21	Luas areal (Ha)	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	11700	
22	Q kebutuhan (M3/dt)	14,13	16,17	6,05	6,18	7,75	7,88	7,05	0,00	0,00	14,11	12,27	5,81	8,79	11,06	15,59	10,13	4,60	0,00	1,08	0,41	3,95	3,60	0,23	0,00	



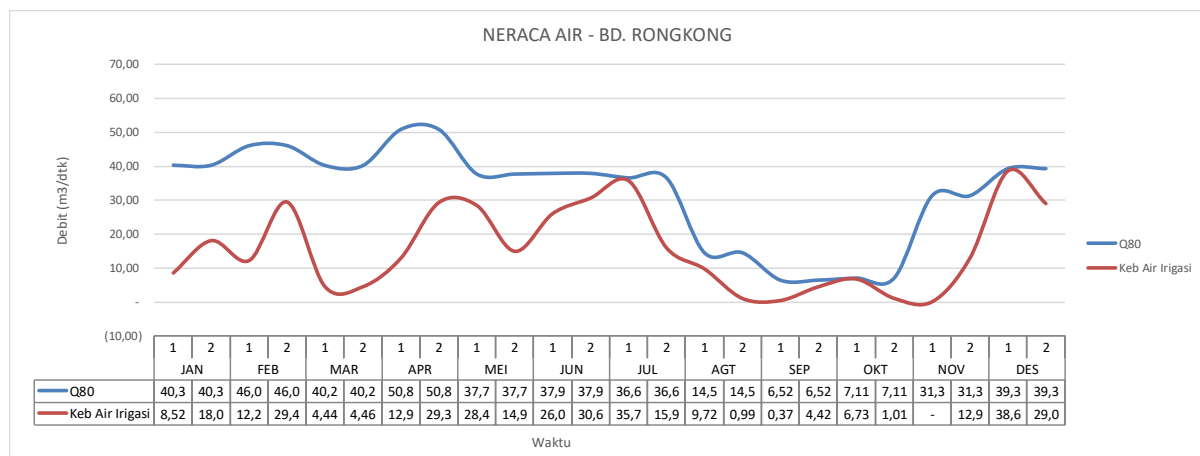
Dari hasil Tabel 9 s.d 10 dan Gambar 6, dapat dilihat bahwa dalam neraca air (water balance) pada pola tanam tanpa golongan masih terdapat kondisi defisit air yaitu di Bulan Oktober. Sehingga untuk solusi permasalahan ini dilakukan pola tanam dengan sistem golongan berdasarkan luas areal sawah dan kondisi topografinya. Pembagian golongan yaitu sebanyak 2 golongan untuk masing-masing daerah irigasi yaitu:

- D.I. Rongkong Kanan : Gol. 1 dan Gol. 2
- D.I. Rongkong Kiri : Gol. 1 dan Gol. 2

Dengan sistem rotasi nantinya pembagian distribusi air akan dilakukan secara bergilir melalui golongan (area). Di mana areal pada golongan 1 (meliputi Daerah Irigasi Rongkong Kanan dan Daerah Irigasi Rongkong Kiri) akan mendapat distribusi air di awal (sesuai dengan masa tanam). Lalu setelah berselang 2 minggu, baru golongan 2 (meliputi Daerah Irigasi Rongkong Kanan dan Daerah Irigasi Rongkong Kiri) mendapatkan distribusi air. Dengan sistem ini diharapkan beban kebutuhan air (load of water demand) akan bisa berkurang, sehingga tidak terjadi defisit air pada jangka masa tanam tertentu. Untuk hasil pola tanam berdasarkan golongan disajikan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Rekapitulasi kebutuhan air di sawah (NFR) dan kebutuhan air di bangunan pengambilan (DR)

POLA TANAM (GOLONGAN)	Nop		Des		Jan		Peb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agt		Sep		Okt		Nop
	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	
Gol 1 Rkg Ki	0,79	0,90	0,34	0,34	0,43	0,44	0,39	0,00	0,00	0,78	0,68	0,32	0,49	0,61	0,87	0,56	0,26	0,00	0,06	0,02	0,22	0,20	0,01	0,00	
Gol 1 Rkg Ka	0,79	0,90	0,34	0,34	0,43	0,44	0,39	0,00	0,00	0,78	0,68	0,32	0,49	0,61	0,87	0,56	0,26	0,00	0,06	0,02	0,22	0,20	0,01	0,00	
Gol 2 Rkg Ki	0,00	0,90	0,88	0,11	0,41	0,19	0,87	0,17	0,17	0,00	0,68	0,87	0,26	0,60	0,62	1,00	0,44	0,37	0,00	0,00	0,03	0,13	0,03	0,00	
Gol 2 Rkg Ka	0,00	0,90	0,88	0,11	0,41	0,19	0,87	0,17	0,17	0,00	0,68	0,87	0,26	0,60	0,62	1,00	0,44	0,37	0,00	0,00	0,03	0,13	0,03	0,00	
NFR Optimum	0,79	0,90	0,88	0,34	0,43	0,44	0,87	0,17	0,17	0,78	0,68	0,87	0,49	0,61	0,87	1,00	0,44	0,37	0,06	0,02	0,22	0,20	0,03	0,00	
DR	1,21	1,38	1,36	0,53	0,66	0,67	1,33	0,26	0,26	1,21	1,05	1,34	0,75	0,95	1,33	1,54	0,68	0,56	0,09	0,03	0,34	0,31	0,05	0,00	



Gambar 7. Neraca air pada DI. Rongkong dengan sistem golongan (Hasil Analisis, 2022)

Dari Tabel 11 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa sudah tidak terjadi defisit air selama masa tanam, sehingga pola tanam dengan sistem golongan merupakan salah satu cara dalam melakukan manajemen distribusi air irigasi dengan tujuan penjaminan dan pemerataan pemenuhan kebutuhan air. Sistem distribusi air sesuai dengan urutan golongan, pertama yaitu golongan 1, kemudian setelah selang 2 minggu daerah irigasi yang masuk dalam golongan 2 baru mendapatkan distribusi air. Sehingga dengan sistem golongan ini mampu menurunkan beban puncak terhadap kebutuhan air yang menyesuaikan dengan ketersediaan air.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan yang hendak dicapai yaitu untuk mendapatkan distribusi air irigasi sepanjang tahun dan alternatif pola tanam yang paling efektif dan efisien pada Daerah Irigasi Rongkong, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Hasil penyusunan pola tanam yang sesuai untuk daerah irigasi dengan luasan > 25.000 ha yaitu menggunakan sistem rotasi melalui golongan.

Untuk Daerah Irigasi Rongkong yang memiliki luasan 27.947 ha di bagi menjadi 2 golongan yaitu:

- Golongan 1:
 - Daerah Irigasi Rongkong Kanan seluas 4.198,38 ha
 - Daerah Irigasi Rongkong Kiri seluas 6.497,56 ha
- Golongan 2
 - Daerah Irigasi Rongkong Kanan seluas 7.501,22 ha
 - Daerah Irigasi Rongkong Kiri seluas 9.749,22 ha

2. Pada neraca air (*water balance*) yang belum menggunakan sistem golongan, masih terjadi defisit air di minggu ke-1 Bulan Oktober sebesar 0,22 m³/detik. Sedangkan setelah menggunakan sistem golongan, neraca air (*water balance*) pada DI. Rongkong sudah tidak menunjukkan adanya defisit kebutuhan air. sehingga pola tanam dengan sistem golongan merupakan salah satu cara dalam melakukan manajemen distribusi air irigasi dengan tujuan penjaminan dan pemerataan pemenuhan kebutuhan air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Faisal, Meilianda Ella, and Yulianu Alfiansyah, "Peningkatan Intensitas Luas Tanam," 2018.
- [2] G. Rusmayadi, E. Sutrisno, R. Joko Nugroho, C. Prasetyo, and A. Zainal Abidin Alaydrus, "Evaluasi Efisiensi Penggunaan Sumber Daya Air dalam Irigasi Pertanian: Studi Kasus di Wilayah Kabupaten Cianjur," 2023.
- [3] V. Ivana, K. Liany, A. Hendratta, and E. M. Wuisan, "Analisis Ketersediaan Air Sungai Talawaan Untuk Kebutuhan Irigasi Di Daerah Irigasi Talawaan Meras Dan Talawaan Atas," 2015.
- [4] R. Rindayani, M. Fauzi, and Rinaldi, "Penjadwalan Rotasi DI Simandolak," 2019.
- [5] A. P. Laksitaningtyas and L. Da Costa, "Optimasi Jaringan Irigasi Air Tanah, Playen, Gunung Kidul, Yogyakarta," 2019.
- [6] Y. Cahyo Kusumo and J. Asid, "Analisis Kebutuhan Air Untuk Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Mondokan/Slumbang Kabupaten Kediri)," 2021.
- [7] E. A. Juhana, S. Permana, and I. Farida, "Analisis Kebutuhan Air Irigasi Pada Daerah Irigasi Bangbayang Uptd Sdap Leles Dinas Sumber Daya Air Dan Pertambangan Kabupaten Garut," 2015.
- [8] Fadli Rais, Indah Arry Pratama, and Ni Putu Ety Lismaya Dewi, "Keseimbangan Air Irigasi," 2021.
- [9] H. Saidah, M. Tumpu, W. Yasa, M. I. Mukrim, S. Tinggi, and T. Baramuli, "Sistem Irigasi dan Bangunan Air," 2021.
- [10] A. Priyonugroho, "Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang)," 2014.
- [11] E. Wulandari, S. Putri, D. Harisuseno, and E. Purwati, "Evaluasi Kinerja Daerah Irigasi Jragung Kabupaten Demak," 2015.
- [12] Mulyadi and Anadila Niar Sitanggang, "Analisis Irigasi Tersier Sukabumi," 2021.
- [13] K. Perencanaan Bagian, "Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa Standar Perencanaan Irigasi," 2013.
- [14] W. Apriani, Y. Lilis Handayani, and D. Mudjiatko, "Evaluasi Keseimbangan Air Dalam Pengoptimalan Daerah Irigasi (Studi Kasus Daerah Irigasi Petapahan KABUPATEN KAMPAR)," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 16, no. 1, pp. 13–19, 2017.
- [15] S. A. Puteriana, D. Harisuseno, and T. B. Prayogo, "Kajian Sistem Pemberian Air Irigasi Metode Konvensional Dan Metode Sri (System of Rice Intensification) Pada Daerah Irigasi Pakis Kecamatan Pakis Kabupaten Malang," 2016.
- [16] R. Yulia. Maria, "Perencanaan Sistem Rotasi Untuk Pembagian Air Pada Daerah Irigasi Susoh Kecamatan Blangpidie Kabupaten Aceh Barat Daya," 2020.
- [17] S. Sosrodarsono, "Hidrologi untuk Pengairan," 1992.
- [18] H. Soraya *et al.*, "Irrigation Operation and Maintenance Management System Integration of Irrigation Water Rotation Scheduling," 2023.
- [19] A. L. Rahman, M. Fauzi, and B. Sujatmoko, "Sistem Pemberian Air secara Rotasi Daerah Irigasi Kaiti Samo di Kabupaten Rokan Hulu," 2019.
- [20] Soemarto, "Hidrologi Teknik," 1998.
- [21] E. Setyawan, Mahsun, and C. Sudrajat, "Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi Tentang Operasi," 2023.