

STUDI EVALUASI KEBUTUHAN AIR SEKUNDER DAERAH IRIGASI GORI-GORI KABUPATEN BANGGAI SULAWESI TENGAH

Putra Mauli¹, Eko Noerhayati², Ade Fitriyanti Ulul Azmi³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: putramauli@gmail.com

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

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

ABSTRACT

Among the various sources of freshwater found on land, rivers stand out for their role in collecting rainfall across a watershed, making them one of the most commonly relied-upon options for meeting human water needs. This study sets out to compare water demand against water availability — commonly termed the water balance — within the Sinorang irrigation scheme in Banggai Regency, drawing on discharge records from the Gandong monitoring post together with rainfall figures gathered around the Sinorang catchment. Discharge estimates were derived using the F.J. Mock rainfall-runoff approach. The findings show that, overall, flow through the tertiary irrigation channels during the dry season falls short of the scheme's actual water requirement; across nearly every season studied, including the driest months, inflow to the Sinorang Dam remains below total demand. The average discharge computed from rainfall data reached 1.05 m³/s, while the monitoring-post record indicated a somewhat higher average of 1.63 m³/s — both figures nevertheless still exceed the recorded average irrigation demand of 0.97 m³/s for the Sinorang scheme.

Keywords: *Irigasi, Sinorang, Banggai*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan Sistem jaringan irigasi berperan menyalurkan air dari sumbernya — baik sungai maupun waduk — menuju lahan pertanian secara terkendali dan efisien. Fungsi ini penting untuk menjaga ketersediaan air tanah, mendongkrak hasil panen, meredam dampak kekeringan, sekaligus memperkuat ketahanan pangan [1].

Ketika hujan turun di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS), air yang jatuh tidak seluruhnya mengalir ke satu arah: sebagian mengalir di atas permukaan menuju saluran, sungai, atau danau; sebagian lain kembali menguap sesuai kondisi iklim setempat; dan sisanya meresap ke dalam tanah, menambah cadangan air tanah yang telah ada [2].

Ketersediaan air sendiri dapat dipahami sebagai volume air yang diperkirakan akan terus

dijumpai pada suatu lokasi tertentu, dalam jumlah dan rentang waktu tertentu pula [3].

Bendung Sinorang berlokasi di Desa Gori-Gori, Kecamatan Batui Selatan, Kabupaten Banggai, dan mengairi lahan seluas kurang lebih 2.334 hektare. Sebagian besar penduduk Desa Gori-Gori berprofesi sebagai petani, sehingga pasokan air menjadi kebutuhan yang sangat mendesak bagi mereka, warga pun menaruh harapan besar pada kelancaran aliran air dari bendung tersebut. Mengingat pola tanam di kawasan penelitian berlangsung tiga kali dalam setahun, ketersediaan air irigasi yang stabil — terlebih pada musim kemarau menjadi kebutuhan yang tidak dapat diabaikan [4].

1.2 Identifikasi Masalah

1. Pelaksanaan pola tanam pada Daerah Irigasi Sinorang belum sepenuhnya didukung oleh kondisi ketersediaan air

yang optimal, khususnya selama periode April hingga November.

2. Informasi mengenai besarnya debit andalan yang tersedia masih perlu dikaji sehingga dapat diketahui kesesuaiannya terhadap kebutuhan air irigasi pada daerah penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

Mengacu pada identifikasi masalah di atas, penelitian ini dirumuskan ke dalam beberapa pertanyaan berikut:

1. Seberapa besar kebutuhan air sawah apabila disesuaikan dengan pola tanam yang berlaku?
2. Berapa besar debit rancangan untuk kebutuhan air Irigasi Sinorang?

1.4 Tujuan Penelitian

Selaras dengan rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menghitung besar kebutuhan air sawah berdasarkan pola tanam yang diterapkan.
2. Menentukan besaran debit andalan yang dibutuhkan bagi jaringan irigasi Sinorang.
3. Mengukur tingkat ketersediaan air pada jaringan irigasi Sinorang.

1.5 Manfaat Penelitian

Sejumlah manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Memperkaya khazanah keilmuan di bidang teknik sipil, khususnya teknik keairan, serta menjadi bahan rujukan yang bermanfaat baik bagi kalangan akademik maupun pihak-pihak lain yang membutuhkan.
2. Menyajikan gambaran mengenai kondisi jaringan irigasi dalam mencukupi kebutuhan air.
3. Menjadi bahan pertimbangan bagi instansi terkait dalam merencanakan rehabilitasi saluran irigasi Sinorang.
4. Menjadi sumber rujukan bagi peneliti lain yang berminat mengkaji topik serupa pada masa mendatang.

1.6 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah, penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Kajian kualitas air, baik pada sungai maupun saluran irigasi, tidak menjadi bagian dari analisis.
2. Aspek yang berkaitan dengan sedimentasi tidak dibahas.
3. Analisis mengenai dampak lingkungan tidak disertakan dampak lingkungan.
4. Tidak membahas dimensi saluran.

1.7 Lingkup Pembahasan

Lingkup pembahasan penelitian meliputi analisis hidrologi yang terdiri atas uji konsistensi data hujan, perhitungan curah hujan rata-rata, analisis evapotranspirasi, perkolasi, kebutuhan air untuk pengolahan lahan, efisiensi irigasi, pola tanam, serta evaluasi kebutuhan air irigasi pada Daerah Irigasi Sinorang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Jaringan irigasi dapat dipahami sebagai satu kesatuan saluran, bangunan, dan sarana pelengkap yang saling terhubung, berfungsi menyediakan, mengambil, membagi, menyalurkan, hingga membuang air irigasi menuju lahan pertanian [5].

Neraca air pada dasarnya menggambarkan perbandingan antara kebutuhan air dan ketersediaan air pada suatu daerah irigasi; semakin besar ketersediaan dibandingkan kebutuhan, semakin kecil pula tingkat kekurangan air yang dialami daerah tersebut, dan berlaku pula sebaliknya [6].

Evaporasi sendiri merupakan proses penguapan air yang berlangsung di permukaan bumi dan turut memengaruhi keseimbangan sumber-sumber air permukaan, seperti sungai, waduk, maupun laut. Cepat-lambatnya laju penguapan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor klimatologi, di antaranya suhu udara, kecepatan angin, kelembaban udara, serta lama penyinaran matahari di lokasi yang ditinjau [7].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan Daerah Irigasi Sinorang, salah satu jaringan irigasi yang berada di Kabupaten Banggai. Secara administratif, lokasi tersebut termasuk dalam wilayah Desa Gori-Gori, Kecamatan Batui

Selatan, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah

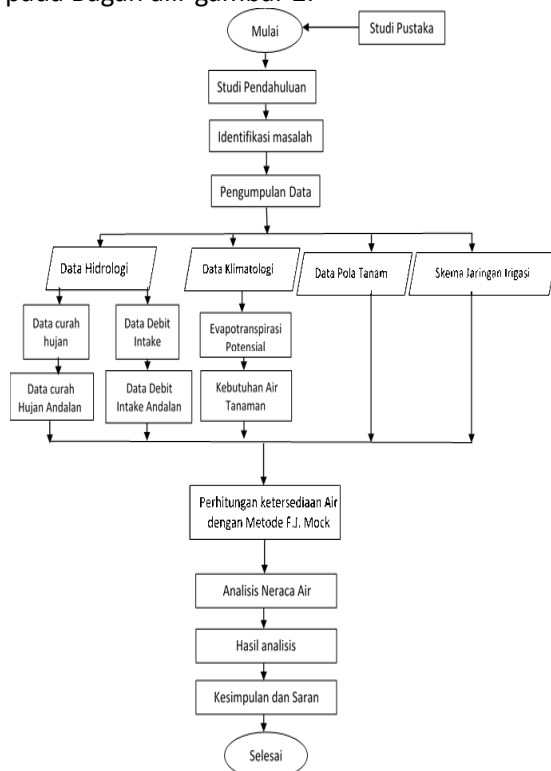


Gambar 1. Lokasi DAM Gori-Gori

Sumber: Google Earth

3.2 Diagram Air Penelitian

Tahapan Analisa penelitian dapat dilihat pada Bagan alir gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Tahap Penelitian

Sumber : Penelitian 2025

4. HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Data Curah Hujan Bulanan dan Tahunan

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari beberapa stasiun

pengamatan yang berada di sekitar Daerah Irigasi Sinorang. Seluruh data terlebih dahulu diolah untuk memperoleh besarnya curah hujan bulanan dan tahunan sebagai dasar dalam analisis hidrologi. Rekapitulasi data lengkap disajikan pada bagian lampiran, sedangkan pada pembahasan ini ditampilkan contoh proses perhitungannya.

Sebagai contoh, curah hujan bulanan Stasiun Gori-Gori pada Januari 2014 diperoleh dengan menjumlahkan seluruh curah hujan dasarian pada bulan tersebut sehingga menghasilkan total 662 mm. Selanjutnya, curah hujan tahunan dihitung melalui penjumlahan seluruh curah hujan bulanan selama satu tahun sehingga diperoleh total 2.143 mm pada tahun 2014. Nilai tersebut menjadi salah satu data dasar dalam proses analisis hidrologi berikutnya.

4.2 Uji Validasi Data dengan Metode Kurva Massa Ganda

Sebelum data curah hujan digunakan dalam analisis, dilakukan pengujian konsistensi menggunakan Metode Kurva Massa Ganda (Double Mass Curve). Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa data yang diperoleh dari stasiun pengamatan memiliki tingkat keandalan yang memadai sehingga layak digunakan dalam proses analisis hidrologi [8].

Prinsip metode ini dilakukan dengan membandingkan akumulasi curah hujan pada stasiun yang ditinjau terhadap akumulasi rata-rata curah hujan dari stasiun pembanding. Apabila hubungan kedua data membentuk pola garis yang relatif linier, maka data hujan dapat dinyatakan konsisten dan tidak mengalami penyimpangan pencatatan yang signifikan.

Sebagai ilustrasi, berikut disajikan perhitungan uji validasi untuk Stasiun Gori-Gori. Nilai kumulatif stasiun ini pada tahun 2015 diperoleh dari:

$$3.122 + 2.143 = 5.265 \text{ mm}$$

Rata-rata curah hujan tahunan stasiun pembanding pada 2014:

$$(1.795 + 1.330) / 2 = 1.563 \text{ mm}$$

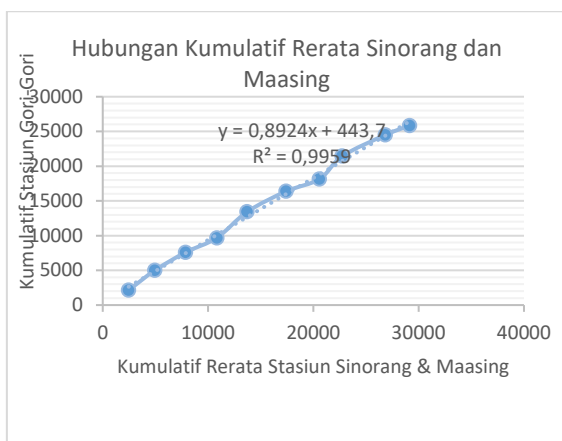
Sedangkan nilai kumulatif stasiun pembanding pada 2015:

$$1.563 + 1.630 = 3.192 \text{ mm}$$

Tabel 1. Perhitungan Curah Hujan Tahunan Stasiun Gori-Gori

Tahun	Stasiun			Kumulatif	CH Tahunan	KOMULATIF
	Gori-Gori mm	Sinorang mm	Maasing mm	Gori-Gori	Rerata stasiun yang lain (mm)	Rerata stasiun yang lain (mm)
	1	2	3	4	5	6
				4+1	(2+3)/2	6+5
2014	3122	1795	1330	3122	1563	1563
2015	2143	1742	1517	5265	1630	3192
2016	2865	1911	2021	8130	1966	5158
2017	2600	2099	1714	10730	1907	7065
2018	2070	1950	1849	12800	1900	8964
2019	3750	2369	2643	16550	2506	11470
2020	2944	2213	1947	19494	2080	13550
2021	1774	1393	1510	21268	1452	15002
2022	3291	2807	2558	24559	2683	17684
2023	3048	1544	1587	27607	1566	19250

Sumber: Hasil Perhitungan 2025



Gambar 3. Grafik Hubungan Kumulatif Stasiun Gori-Gori dan Kumulatif Rerata Stasiun Sinorang dan Maasing

Sumber : Hasil Perhitungan 2025

4.3 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata

Setelah data dinyatakan konsisten, langkah berikutnya adalah menghitung curah hujan rata-rata wilayah. Perhitungan dilakukan menggunakan metode rata-rata aljabar berdasarkan data curah hujan dari seluruh stasiun pengamatan. Pendekatan ini digunakan karena karakteristik penyebaran stasiun hujan pada daerah penelitian dianggap relatif merata sehingga dapat mewakili kondisi curah hujan wilayah secara keseluruhan.

Sebagai contoh, curah hujan dasarian pertama pada Januari 2014 di Stasiun Gori-Gori diperoleh sebesar 289 mm. Selanjutnya, nilai tersebut dikombinasikan dengan data dari stasiun lainnya untuk memperoleh curah hujan rata-rata wilayah sebesar 199,3 mm menggunakan metode rata-rata aljabar. Nilai

ini yang selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter dalam analisis ketersediaan air.

4.4 Analisis Ketersediaan Air Irigasi dengan Metode F.J. Mock

Perhitungan ketersediaan air dilakukan menggunakan **Metode F.J. Mock**, yaitu metode simulasi hidrologi yang memanfaatkan data klimatologi dan curah hujan untuk memperkirakan debit aliran sungai. Analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari perhitungan evapotranspirasi potensial, keseimbangan air di permukaan tanah, infiltrasi, penyimpanan air tanah, hingga perhitungan debit sungai.

a. Evapotranspirasi Potensial

Tahap awal analisis menggunakan metode Penman Modifikasi untuk memperoleh nilai evapotranspirasi potensial. Perhitungan dilakukan berdasarkan parameter klimatologi seperti suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, lama penyinaran matahari, dan radiasi matahari. Seluruh parameter tersebut diolah sehingga diperoleh nilai evapotranspirasi potensial terkoreksi (**ET**) sebesar **2,26 mm/hari** pada periode contoh perhitungan.

b. Keseimbangan Air Permukaan

Selanjutnya dilakukan analisis keseimbangan air pada permukaan tanah untuk mengetahui besarnya kelebihan air (*water surplus*). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada periode contoh diperoleh nilai surplus air sebesar **207 mm**, yang kemudian menjadi dasar dalam menghitung proses infiltrasi dan limpasan permukaan.

c. Infiltrasi dan Limpasan

Analisis berikutnya bertujuan menentukan besarnya infiltrasi, penyimpanan air tanah, aliran dasar (*baseflow*), limpasan langsung (*direct runoff*), serta limpasan total (*runoff*). Berdasarkan hasil perhitungan, nilai limpasan total yang diperoleh mencapai **192,80 mm** untuk periode contoh sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menghitung debit sungai menggunakan metode F.J. Mock.

d. Debit Sungai

Debit sungai dihitung berdasarkan luas daerah tangkapan air dan besarnya limpasan yang diperoleh dari analisis sebelumnya. Contoh perhitungan pada dasarian pertama

curah hujan efektif, perkolasi, dan kebutuhan lapisan air di sawah. Seluruh parameter tersebut dihitung untuk setiap periode tanam sehingga diperoleh nilai Net Field Requirement (NFR) pada masing-masing dasarian. Rekapitulasi hasil menunjukkan bahwa kebutuhan air mengalami perubahan sepanjang tahun mengikuti pola tanam dan kondisi iklim.

Selanjutnya kebutuhan air per hektare dikonversi menjadi kebutuhan debit untuk keseluruhan Daerah Irigasi Sinorang yang memiliki luas sekitar 2.334 hektare. Dengan mempertimbangkan luas layanan tersebut, kebutuhan debit irigasi dapat dihitung pada setiap periode sehingga diperoleh variasi kebutuhan air sepanjang musim tanam

Rekapitulasi kebutuhan air di sawah (NFR, mm/hari) sepanjang tahun disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kebutuhan Air di Sawah (mm/hari)

	Bulan								
	NOVEMBER			DESEMBER			JANUARI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
NFR	4,36	4,25	4,22	1,96	3,00	0,65	0,15	1,08	2,15
	Bulan								
	FEBRUARI			MARET			APRIL		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
NFR	-	0,82	0,67	-	0,53	-	1,93	1,64	2,65
	Bulan								
	MEI			JUNI			JULI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
NFR	2,77	3,68	3,71	3,53	3,53	0,05	3,68	3,68	3,68
	Bulan								
	AGUSTUS			SEPTEMBER			OKTOBER		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
NFR	3,93	3,93	3,93	4,33	4,33	4,33	4,58	4,58	4,50

Sumber : Perhitungan 2025

Tabel 4. Kebutuhan Air di Sawah (Ha/dtk)

	Bulan								
	NOVEMBER			DESEMBER			JANUARI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
NFR (Per Ha)	1,18	1,15	1,14	0,53	0,81	0,18	0,04	0,29	0,58
	Bulan								
	FEBRUARI			MARET			APRIL		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
NFR (Per Ha)	-0,43	0,22	0,18	-0,38	0,14	-0,32	0,52	0,44	0,72
	Bulan								
	MEI			JUNI			JULI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
NFR (Per Ha)	2,77	3,68	3,71	3,53	3,53	0,05	0,99	0,90	0,90
	Bulan								
	AGUSTUS			SEPTEMBER			OKTOBER		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
NFR (Per Ha)	0,96	0,96	0,96	1,06	1,06	1,06	1,12	1,12	1,10

Sumber : Perhitungan 2025

Kebutuhan air sawah keseluruhan daerah irigasi seluas 2.334 ha (23.340.000 m²) diperoleh dengan mengalikan NFR terhadap luas irigasi. Sebagai contoh, kebutuhan air periode November II:

$$2.334 \times 4,25 / 86.400 = 1,15 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Rekapitulasi kebutuhan air per hektare (m³/dtk/ha) disajikan pada Tabel 4, sedangkan setelah memperhitungkan luas irigasi pada tabel 4.

4. Kebutuhan Air Irigasi D.I. Sinorang

Perhitungan mempertimbangkan kehilangan air pada tiap tingkat saluran: saluran primer kehilangan 10% air (efisiensi 0,90), saluran sekunder kehilangan 10% air (efisiensi 0,90), dan tingkat saluran berikutnya kehilangan 20% air (efisiensi 0,80). Dengan memperhitungkan faktor-faktor efisiensi tersebut, kebutuhan air pada November II diperoleh sebesar 1,77 m³/dtk, sebagaimana telah dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan Air Sawah Per Hektar/dtk

	Bulan								
	NOVEMBER			DESEMBER			JANUARI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	1,82	1,77	1,76	0,82	1,25	0,27	0,06	0,45	-0,9
	Bulan								
	FEBRUARI			MARET			APRIL		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	-0,67	0,34	0,28	-0,59	0,22	-0,49	0,81	0,68	1,1
	Bulan								
	MEI			JUNI			JULI		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	1,15	1,54	1,55	1,47	1,47	0,02	1,53	1,38	1,38
	Bulan								
	AGUSTUS			SEPTEMBER			OKTOBER		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	1,48	1,48	1,48	1,63	1,63	1,63	1,72	1,72	1,69

Sumber : Perhitungan 2025

4.7 Analisis Neraca Air (Water Balance)

Analisis neraca air dilakukan dengan membandingkan antara debit andalan (Q80) dan kebutuhan air irigasi pada setiap periode tanam. Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk mengetahui apakah ketersediaan air mampu memenuhi kebutuhan irigasi atau justru mengalami kekurangan.

Contoh hasil perhitungan pada periode November II menunjukkan bahwa debit andalan sebesar 0,63 m³/detik, sedangkan kebutuhan air mencapai 1,77 m³/detik. Selisih kedua nilai tersebut menghasilkan neraca air sebesar -1,14 m³/detik, yang menunjukkan kondisi defisit air. Kondisi ini mengindikasikan bahwa debit yang tersedia belum mampu memenuhi kebutuhan irigasi pada periode

tersebut sehingga diperlukan upaya pengelolaan distribusi air yang lebih efektif.

Perhitungan ketersediaan air dilakukan menggunakan **Metode F.J. Mock**, yaitu metode simulasi hidrologi yang memanfaatkan data klimatologi dan curah hujan untuk memperkirakan debit aliran sungai. Analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari perhitungan evapotranspirasi potensial, keseimbangan air di permukaan tanah, infiltrasi, penyimpanan air tanah, hingga perhitungan debit sungai.

a. Evapotranspirasi Potensial

Tahap awal analisis menggunakan metode Penman Modifikasi untuk memperoleh nilai evapotranspirasi potensial. Perhitungan dilakukan berdasarkan parameter klimatologi seperti suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin, lama penyinaran matahari, dan radiasi matahari. Seluruh parameter tersebut diolah sehingga diperoleh nilai evapotranspirasi potensial terkoreksi (**ET**) sebesar **2,26 mm/hari** pada periode contoh perhitungan.

b. Keseimbangan Air Permukaan

Selanjutnya dilakukan analisis keseimbangan air pada permukaan tanah untuk mengetahui besarnya kelebihan air (*water surplus*). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada periode contoh diperoleh nilai surplus air sebesar **207 mm**, yang kemudian menjadi dasar dalam menghitung proses infiltrasi dan limpasan permukaan.

c. Infiltrasi dan Limpasan

Analisis berikutnya bertujuan menentukan besarnya infiltrasi, penyimpanan air tanah, aliran dasar (*baseflow*), limpasan langsung (*direct runoff*), serta limpasan total (*runoff*). Berdasarkan hasil perhitungan, nilai limpasan total yang diperoleh mencapai **192,80 mm** untuk periode contoh sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menghitung debit sungai menggunakan metode F.J. Mock.

d. Debit Sungai

Debit sungai dihitung berdasarkan luas daerah tangkapan air dan besarnya limpasan yang diperoleh dari analisis sebelumnya. Contoh perhitungan pada dasarian pertama Januari 2014 menghasilkan debit sebesar **5,21 m³/detik**. Nilai tersebut kemudian menjadi

bagian dari rangkaian data debit yang digunakan dalam penentuan debit andalan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan air irigasi dan evaluasi ketersediaan air pada Daerah Irigasi Sinorang, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kebutuhan air minimum tercatat sebesar 0,02 m³/dtk yang terjadi pada Juni III, sementara kebutuhan maksimum mencapai 1,82 m³/dtk pada November I; adapun rata-rata kebutuhan air sawah sepanjang tahun berada di angka 0,96 m³/dtk.
2. Hasil evaluasi neraca air memperlihatkan bahwa ketersediaan air belum mampu memenuhi kebutuhan irigasi pada seluruh periode tanam. Pada beberapa periode, terutama saat musim kemarau, terjadi kondisi defisit air sehingga diperlukan pengelolaan distribusi air dan pengaturan pola tanam yang lebih efektif agar pemanfaatan sumber daya air dapat berlangsung secara optimal.

5.2 Saran

1. Kelebihan air pada periode surplus sebaiknya dimanfaatkan untuk mendukung kebutuhan air lain di luar irigasi.
2. Pada periode yang mengalami defisit air, perlu dilakukan pengaturan pola tanam atau penjadwalan distribusi air agar kebutuhan air tanaman tetap dapat dipenuhi sesuai dengan debit yang tersedia
3. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode optimasi, seperti pendekatan solver atau metode optimasi lainnya, sehingga pengelolaan distribusi air dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firdaus, Muhammad Syahridha, Dan Eko Noerhayati. 2017. "Studi Optimasi Distribusi Air Daerah Irigasi Sonosari Kabupaten Malang Dengan Program Linier." *Jurnal Rekayasa Sipil* 5 (2): 484025.

- [2] Akbar, Yanuar, Bambang Suprpto, Dan Azizah Rachmawati. 2020. "Studi Perencanaan Bangunan Pelimpah (Spillway) Pada Embung Welulang Di Kabupaten Pasuruan." *Core. Ac. Uk*, 155–64.
- [3] Ubaidah, M., E. Noerhayati, Dan A. Rahmawati. 2017. Studi Perencanaan Pola Operasi Waduk Semantok Kabupaten Nganjuk Provinsi Jawa Timur Guna Kebutuhan Irigasi Dan Air Beku. J. Rekayasa Sipil. Unisma.
- [4] Pamuttu, Dina Limbong, Umboro Lasminto, Daud Andang Pasalli, Yuli Helena Margaritha Rada, Dan Abner Doloksaribu. 2018. "The Selection Of Rain Distribution Analysis Method In (Bengawan Solo Watershed) Downstream Sub-Watershed." *Dalam International Conference On Science And Technology (Icst 2018)*, 416–20. Atlantis Press.
- [5] Noerhayati, E., Rahmawati, A., & Wahyudi, S. Y. (2020). WATER SPREAD TEST ON IOT (Internet of Things) BASED AUTOMATIC IRRIGATION SYSTEM. *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE)*, 1(1), 1.
- [6] Rais, Fadli, And Indah Arry Pratama. 2021. "Analisis Kebutuhan Dankeseimbangan Air Irigasi Daerah Irigasi Bisok Bokah Di Kabupaten Lombok Tengah." 8(2):5.
- [7] Bahrul Afifur Rochman, Eko Noerhayati, Ade Fitriyanti. 2025. "Desain Modular Pintu Air Irigasi Untuk Saluran Sekunder Berbasis Internet Of Things (IOT)". 8 (4)
- [8] Adare, Demetrius R. Ch, Liany A. Hendratta, Dan Jeffry Sf Sumarauw. 2018. "Analisis Neraca Air Sungai Talawaan Di Titik Bendung Talawaan Kabupaten Minahasa Utara." *Jurnal Sipil Statik* 6 (3).