Research Review
Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol. 4, No. 1, Juni 2025 ISSN: 29622743

Analisis Kehilangan Air Pada Jaringan Utama Daerah Irigasi Toraut

(Analysis of Water Loss in The Main Network of The Toraut Irrigation Area)

Muhamad Rizadi Laili[1], Barry Yusuf Labdul [2], Rawiyah Husnan [3]
[1,2,3]Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo
lailimuhamad002@gmail.com[1], barry.labdul@ung.ac.id[2], rawiyah@ung.ac.id[3]

Article Info

Article history:

Received: 10 Juni 2025
Revised: 27 Juni 2025
Accepted: 28 Juni 2025

Keywords:

Efficiency
Evaporation
Water Loss
Toraut

Kata Kunci:
Efisiensi
Evaporasi
Kehilangan Air
Toraut

Abstract

The agricultural sector plays a crucial role in realizing Asta Cita's vision of food security, one of which is through the optimization of the Toraut Dam in Toraut Utara Village. However, increasing water demand for rice field intensification and expansion, alongside limited irrigation water supply, necessitates efficient irrigation system management. This research aims to analyze water loss in the distribution of irrigation networks in the Toraut Irrigation Area. The study used primary data (cross-sectional geometry and canal flow velocity measured using the surface buoy method) and secondary data (climatological records, irrigation network maps, and supporting documents). The analysis included calculating flow discharge, water loss due to evaporation using the Penman method, seepage, irrigation efficiency, and water loss in each channel segment. Results showed the highest discharge in the primary channel was at SPKr I upstream (5.586 m³/s), and the lowest was at SPKr 7 downstream (0.136 m³/s). In the secondary channel, the highest discharge was found at Secondary Tumpah upstream (0.895 m³/s), while the lowest was at Secondary Dumara downstream (0.043 m³/s). The highest efficiency in the primary channel was at SPKn (98.55%), while the lowest was at SPKr 6 (70.15%). In the secondary channels, the highest efficiency was at Secondary Tongot 2 (97.76%), and the lowest at Secondary Dumara (35.87%). The greatest water loss in the primary channel occurred at SPKr 6 (29.85%), and the least at SPKn (1.45%). For secondary channels, the greatest water loss occurred in Secondary Dumara (64.13%) and the least in Secondary Tondait (0.75%).

Abstrak

Sektor pertanian memiliki peran penting dalam mendukung visi Asta Cita terkait ketahanan pangan, salah satunya melalui optimalisasi Bendungan Toraut di Desa Toraut Utara. Namun, meningkatnya kebutuhan air untuk intensifikasi dan perluasan lahan sawah, serta keterbatasan pasokan irigasi, menuntut efisiensi sistem irigasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kehilangan air pada distribusi jaringan irigasi di Daerah Irigasi Toraut. Data yang digunakan meliputi data primer (geometri penampang melintang dan kecepatan aliran saluran irigasi yang diukur dengan metode pelampung permukaan) dan data sekunder (informasi klimatologi, peta jaringan irigasi, dan data pendukung lainnya). Analisis dilakukan melalui perhitungan debit aliran, kehilangan air akibat evaporasi dengan metode Penman, rembesan, efisiensi, serta kehilangan air di setiap segmen saluran. Hasil penelitian menunjukkan debit aliran tertinggi pada saluran primer terdapat di SPKr I hulu (5,586 m³/detik), dan terendah di SPKr 7 hilir (0,136 m³/detik). Pada saluran sekunder, debit tertinggi terdapat di Sekunder Tumpah hulu (0,895 m³/detik) dan terendah di Sekunder Dumara hilir (0,043 m³/detik). Efisiensi

tertinggi pada saluran primer ditemukan di SPKn (98,55%), dan terendah di SPKr 6 (70,15%). Pada saluran sekunder, efisiensi tertinggi terdapat di Sekunder Tongot 2 (97,76%) dan terendah di Sekunder Dumara (35,87%). Kehilangan air terbesar pada saluran primer terjadi di SPKr 6 (29,85%), dan terkecil di SPKn (1,45%). Pada saluran sekunder, kehilangan air terbesar terjadi di Sekunder Dumara (64,13%) dan terkecil di Sekunder Tondait (0,75%).

Corresponding Author:

Muhamad Rizaldi Laili
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo
lailimuhamad002@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Air merupakan elemen vital dalam sistem irigasi, terutama di tengah meningkatnya kebutuhan akibat intensifikasi dan perluasan lahan pertanian (Jumiono et al., 2024). Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara, memiliki luas daerah irigasi mencapai 23.417,14 hektare, dengan Bendung Toraut di Desa Toraut Utara sebagai salah satu sumber utama air irigasi yang menyuplai sekitar 5.400 hektare lahan pertanian (Bella et al., 2018). Namun demikian, tantangan utama dalam pengelolaan irigasi adalah rendahnya efisiensi distribusi air akibat kehilangan air yang terjadi di sepanjang jaringan irigasi, baik pada saluran primer, sekunder, maupun tersier. Kehilangan air ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti evaporasi, perkolasi, rembesan, kebocoran, serta eksploitasi yang tidak terkontrol, dan dapat mencapai seperempat hingga sepertiga dari total air yang dialirkan sebelum tiba di lahan pertanian.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kehilangan air pada jaringan utama irigasi Bendungan Toraut, serta memberikan rekomendasi yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi irigasi dan mendukung peningkatan produktivitas pertanian di wilayah tersebut. Sejumlah penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait analisis kehilangan air pada jaringan irigasi. Misalnya, Adolong (2021) meneliti kehilangan air pada jaringan irigasi Alopohu (bagian kiri) dengan fokus pada saluran primer dan sekunder. Melalui pengukuran luas penampang basah dan kecepatan aliran menggunakan metode pelampung tiga titik, diperoleh efisiensi rata-rata sebesar 82,23% dengan kehilangan air sebesar 17,77%. Kehilangan air terbesar tercatat pada saluran sekunder SS 3 (22,34%), sedangkan yang terkecil terdapat pada saluran sekunder SS 1 (15,38%).

Sementara itu, Bella et al. (2018) menganalisis neraca air di titik Bendung Toraut berdasarkan data tahun 2017, dengan fokus pada menurunnya debit air Sungai Toraut sebagai sumber utama bendungan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan air dengan probabilitas 80% (Q80%) dikurangi dengan Q95% tidak mampu mencukupi sebagian besar kebutuhan irigasi untuk lahan fungsional, terutama pada periode Februari I, Maret II hingga April II, Agustus I, September I, dan November. Apabila lahan potensial dikembangkan menjadi lahan fungsional, maka pada bulan Maret II kebutuhan air irigasi tidak dapat dipenuhi. Bahkan untuk skenario tanpa mempertimbangkan Q95%, kebutuhan air irigasi hanya dapat terpenuhi sebagian, khususnya pada bulan Februari, Maret II hingga April, serta Agustus hingga November, sementara pada bulan Februari II masih terdapat kekurangan.

Namun, belum banyak penelitian yang secara spesifik menganalisis tingkat kehilangan air pada setiap segmen jaringan utama irigasi Bendung Toraut secara kuantitatif dan menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dan memberikan dasar data teknis yang akurat sebagai acuan dalam upaya peningkatan efisiensi sistem irigasi di daerah tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Kehilangan Air

Kehilangan air secara umum dibagi 2 kategori, yaitu: kehilangan akibat fisik dimana kehilangan air terjadi karena adanya rembesan air di saluran da perkolasi di tingkat usaha tani (sawah), dan kehilangan akibat operasional terjadi karena adanya pelimpasan dan kelebihan air pembuangan pada waktu pengoperasian saluran dan pemborosan pengunaan air oleh petani (Dairi, 2021). Kehilangan air pada (m^3/detik) diperhitungkan selisi antara debit inflow dan debit outflow untuk setiap ruas pengukuran (antara dua bangunan bagi) (Adolong, 2021). Outflow pada ruas pengukuran ke-n jumlah kehilangan air pada saluran tersier diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut.

$$k = Qin - Qout$$

Keterangan:
K: Kehilangan air pada ruas pengukuran saluran ke n (m^3/det)
Qin: Debit masuk ruas pengukuran ke n (m^3/det)
Qout: Debit keluar ruas pengukuran ke n (m^3/det

2.2 Debit

Debit (discharge), atau besarnya aliran sungai (stream flow) adalah volume aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Virlayani et al., 2024). Biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/det) atau liter per detik (l/det) (Soewarno, 1991). Menurut Soewarno (1991) debit aliran diperoleh dengan mengali luas tampang aliran dan kecepatan aliran.

$$Q = A \, x \, V$$

Keterangan:
Q: Debit aliran (m^3/detik),
A: Luas penampang basah (m^2),
V: Kecepatan aliran (m/detik)

2.3 Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah perbandingan antara debit air yang sampai di pintu tersier lahan pertanian dengan debit air yang keluar dari pintu pengambilan. Selisih debit ini disebabkan oleh kehilangan air di saluran akibat penguapan, kebocoran, dan rembesan (Noerhayati & Suprapto, 2018). Efisiensi irigasi menjadi indikator utama kinerja sistem irigasi, yang mencakup efisiensi pada jaringan utama dan sekunder. Sebagian air yang diambil akan hilang di saluran atau petak sawah karena eksploitasi, evaporasi, dan rembesan. Namun, kehilangan terbesar umumnya berasal dari eksploitasi, sehingga debit air pada intake harus melebihi kebutuhan sawah (Sutopo & Utomo, 2020). Efisiensi ini dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Efisiensi = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

Sesuai ketentuan yang disyaratkan dalam kriteria perencanaan irigasi bagian saluran (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013) Perkiraan irigasi ditetapkan untuk jaringan primer sebesar 90%, jaringan sekunder sebesar 90%, dan jaringan tersier sebesar 80%.

2.4 Kecepatan Aliran

Perhitungan kecepatan aliran dengan metode kecepatan area (velocity area method) pada prinsipnya dapat diukur dengan current meter atau mengunakan metode apung (pelampung) (Tallar, 2023).

1. *Current Meter*

Menurut Triatmojo (2009), kecepatan aliran dapat diukur menggunakan satu alat dari satu vertikal ke vertikal lainnya dalam satu tampang lintang. Pengukuran dilakukan di beberapa titik dan dievaluasi untuk mendapatkan kecepatan rata-rata. Untuk efisiensi waktu dan biaya, pengukuran dapat dilakukan pada titik 0,6d, 0,2d, dan 0,8d, dengan d sebagai kedalaman aliran.

2. Pelampung permukaan

Pengukuran kecepatan arus secara langsung yaitu dengan mengukur selang waktu yang diperlukan oleh pelampung untuk menempuh suatu jarak tertentu. Kecepatan aliran menggunakan pelampung permukaan dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$V = \frac{L}{Vp}$$

Keterangan:
V: kecepatan pelampung (m/detik)
L: panjang lintasan pelampung (m)
Vp: waktu lamanya lintasan pelampung (detik)

2.5 Ambang Lebar

Ambang adalah bangunan ukur debit tanpa dilengkapi dengan bagian penyempitan, loncatan hidrolis terjadi di hilir bangunan ukur. Ambang lebar disebut ambang lebar (broad-creastedweir) apabila aliran yang terjadi menempel pada ambang, dan membentuk garis aliran lurus dan sejajar, dan merupakan bangunan aliran atas, untuk ini tinggi energi hulu lebih kecil pada panjang mercu (Soewarno, 1991). Berikut persamaan untuk ambang lebar:

$$Q = b.h.\sqrt{(2g(H - h))}$$

Keterangan:

Q: debit (m^3/det)
b: lebar mercu (m)
h: kedalaman air hulu terhadap ambang (m)
H: kedalaman air (m)
g: percepatan gravitasi (m/detik)

2.6 Evaporasi

Menurut Triatmojo (2009), penguapan dibedakan menjadi dua yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi merupakan suatu proses penguapan yang terjadi dari permukaan air (seperti laut, danau, sungai), permukaan tanah (genangan di atas tanah dan penguapan dari permukaan air tanah yang dekat dengan permukaan tanah), dan permukaan tanaman (intersepsi) (Mustofa, 2023). Transpirasi adalah penguapan tanaman, dimana air tanah diserap oleh akar tanaman yang kemudian dialirkan melalui batang sampai ke permukaan daun dan menguap menuju atmosfer (Salman, 2023).

$$ETo = C.ETo$$
$$ETo* = C\ (0{,}75\ Rs - Rn1) + (1 - w) f(U)(e_a - e_d)$$
$$e_a = (e_s \times \mathrm{RH})$$
$$f(e_a) = (0{,}34 - 0{,}44\sqrt{e_a})$$
$$Rs = \left(0{,}25 + 0{,}54\frac{n}{N}\right) Ra$$
$$f\left(\frac{n}{N}\right) = 0{,}1 + 0{,}9\left(\frac{n}{N}\right)$$
$$F\ (U) = \left(0{,}27 \times (1 + 0{,}864U)\right)$$
$$Rnl = \left(f(t) \times f(e_d) \times f\left(\frac{n}{N}\right)\right)$$

Keterangan:
ETo : evaporasi potensial (mm/hari),
ETo* : evaporasi berdasarkan hasil empiris (mm/hari)
W : faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi daerah,
Rs : radiasi gelombang pendek (mm/hari),
Ra : radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer,
Rn : radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari),
F(t) : fungsi suhu,
f(ea) : fungsi tekanan uap,
(n/N) : fungsi penyinaran matahari,
F(U) : fungsi kecepatan angin,
(ea-ed) : defisit tekanan air sebenarnya,
ed : tekanan uap sebenarnya,
RH : kelembaban relative (%),
C : angka koreksi.

Besarnya kehilangan air akibat penguapan pada saluran dapat menggunakan persamaan berikut.

$$E_{toss} = E \times A$$

Keterangan:
Etoss : kehilangan air akibat evporasi (mm/hari)
E : evaporasi dari badan air (mm/hari)
A : luas permukaan (m2).

Tabel 1. Pengaruh Temprature F(T) pada Radiasi Gelombang

T(ºC)	0	2	4	6	8	10
F(T)	11	11,4	11,7	12	12,4	12,7
T(ºC)	12	14	16	18	20	22
F(T)	13,1	13,5	13,8	14,2	14,6	15
T(ºC)	24	26	28	30	32	34
F(T)	15,4	15,9	16,3			

(Hadisusanto, 2011)

Tabel 2. Nilai (Ra Radiasi) Ekstrateretrial (Angot) Setara Penguapan (mm/hari)

T_d	20	21	22	23	25	26
	23,4	24,9	26,4	28,1	31,7	33,6
T_d	27	28	29	30	31	32
	35,7	37,8	40,1	42,4	47,6	50,3

(Soewarno, 2000)

Tabel 3. Nilai (Ra Radiasi) Ekstrateretrial (Angot) Setara Penguapan (mm/hari)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	des
Lintang Utara												
10	13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,4	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9
8	13,6	14,5	15,3	15,6	15,3	15,0	15,1	15,4	15,3	14,8	13,9	13,3
6	13,9	14,8	15,4	15,4	15,1	14,7	14,9	15,2	15,3	15,0	14,2	13,7
4	14,3	15,0	15,5	15,5	14,9	14,4	14,6	15,1	15,3	15,1	14,5	14,1
2	14,7	15,3	15,6	15,3	14,6	14,2	14,3	14,9	15,3	15,3	14,8	14,4
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
Lintang Selatan												
0	15,0	15,5	15,7	15,3	14,4	13,9	14,1	14,8	15,3	15,4	15,1	14,8
2	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
4	15,5	15,8	15,6	14,9	13,8	13,2	13,4	14,3	15,1	15,6	15,5	15,4
6	15,8	16,0	15,6	14,7	14,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
8	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2

(Hadisusanto, 2011)

Tabel 4. Nilai Faktor Penimpang (W) Untuk Efek Radiasi

Temprature (T)ºC	20	22	24	26	28
Ketinggian (z) m					
0	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77
500	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78
Temprature (T)ºC	30	32	34	36	
Ketinggian (z) m					
0	0,80	0,82	0,84	0,85	
500	0,81	0,82	0,85	0,86	

(Hadisusanto, 2011)

Tabel 5. Adjustment Factor (c)

Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1,1	1,1	1	0,9	0,9	0,9	0,9
Agu	Sep	Okt	Nov	Des		
1,1	1,1	1,1	1,1	1,1		

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan, di antaranya pelampung permukaan yang terbuat dari botol dengan panjang 22 cm, batang pengukur, stopwatch, meteran minimal 3 meter, formulir isian perhitungan debit, alat tulis, tali rapiah, parang, serta kamera untuk dokumentasi. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh langsung dari lapangan, meliputi geometri penampang saluran irigasi primer dan sekunder, di mana kedalaman saluran diukur dari tinggi muka air hingga dasar saluran, serta kecepatan aliran yang diukur menggunakan pelampung. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, mencakup data klimatologi, peta skema jaringan irigasi, dan informasi pendukung lainnya.

Metode analisis dalam penelitian ini meliputi perhitungan debit aliran pada jaringan utama (saluran primer dan sekunder) menggunakan rumus yang telah ditetapkan, analisis kehilangan air akibat evaporasi dengan metode *Penman*, serta perhitungan kehilangan air pada setiap ruas saluran berdasarkan persamaan yang relevan. Selain itu, efisiensi saluran dihitung untuk menilai kinerja sistem irigasi yang diteliti.

Tahapan penelitian diawali dengan studi pustaka guna memahami teori dan solusi yang telah diterapkan pada kasus serupa, terutama terkait daerah irigasi Toraut. Selanjutnya, dilakukan observasi lapangan untuk meninjau lokasi dan karakteristik sistem irigasi yang menjadi objek penelitian. Setelah itu, pengumpulan data dilakukan, baik data primer dari hasil pengukuran di lapangan maupun data sekunder dari instansi terkait. Data yang telah terkumpul kemudian dianalisis untuk memperoleh nilai kecepatan aliran, luas

penampang saluran, debit aliran, evaporasi, efisiensi, serta tingkat kehilangan air. Tahap akhir penelitian mencakup penyusunan laporan skripsi dan artikel ilmiah sebagai bentuk publikasi hasil penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bendung Toraut, yang berada di Desa Toraut Utara, Kecamatan Dumoga Barat, Kabupaten Bolaang Mongondow, merupakan infrastruktur air yang menyediakan pasokan air untuk keperluan irigasi. Bendung ini mensuplai daerah irigasi seluas 5.400 hektar. Sistem jaringan irigasi Toraut terdiri dari saluran primer sepanjang 26,975 km dan saluran sekunder sepanjang 27,916 km. Bendung Toraut memiliki dua bagian jaringan irigasi yaitu jaringan irigasi kanan dan jaringan irigasi kiri, peneliti memberikan nama kode dengan SPKn (saluran primer kanan) untuk daerah irigasi kanan dan SPKr (saluran primer kiri) untuk daerah irigasi kiri.

4.1 Data Debit

Dari hasil obsevasi lapangan peneliti melakukan pengukuran sebanyak 19 titik, didapat data saluran berupa data lebar bawah saluran, lebar muka air, tinggi permukaan air, panjang lintasan dan waktu tempuh pelampung.

Tabel 6. Debit Saluran Primer Daerah Irigasi Toraut

Nama Saluran	Titik	Bw	d	Bm	A	V	Q
		m	m	m	m^2	m^2/s	M^3/s
SPKn	Hulu	2,40	1,46	8,40	7,88	0,50	3,92
	Hilir	2,06	0,46	2,80	1,12	0,52	0,58
SPKr 1	Hulu	7,00	1,02	10,76	9,06	0,62	5,59
	Hilir	7,00	1,17	10,57	10,28	0,52	5,37
SPKr 2	Hulu	6,51	1,10	10,50	9,36	0,39	3,63
	Hilir	5,60	0,18	6,50	1,09	0,61	0,67
SPKr 3	Hulu	4,77	0,26	6,26	1,43	0,11	0,16
	Hilir	4,67	0,27	5,65	1,39	0,07	0,092
SPKr 4	Hulu	4,20	0,22	6,05	1,13	0,38	0,43
	Hilir	3,60	0,52	5,70	2,42	0,06	0,16
SPKr 5	Hulu	3,00	0,51	4,60	1,94	0,60	1,16
	Hilir	2,92	0,54	4,60	2,03	0,21	0,42
SPKr 6	Hulu	2,71	0,26	3,50	0,81	0,19	0,16
	Hilir	2,71	0,29	3,23	0,86	0,11	0,10
SPKr 7	Hulu	2,00	0,36	3,06	0,91	0,15	0,14
	Hilir	2,00	0,33	2,70	0,78	0,12	0,09

Tabel 7. Data Debit Saluran Sekunder Daerah Irigasi Toraut

Nama Saluran	Titik	Bw	d	Bm	A	V	Q
		m	m	m	m^2	m^2/s	M^3/s
Sek. Tongot 1	Hulu	0,50	0,26	1,00	0,20	2,20	0,43
	Hilir	0,50	0,34	1,10	0,27	1,37	0,37
Sek. Tongot 2	Hulu	0,50	0,20	1,09	0,16	1,59	0,25
	Hilir	0,50	0,44	2,93	0,75	0,33	0,25
Sek. Tondait	Hulu	1,20	0,44	2,40	0,79	0,69	0,54
	Hilir	0,55	0,19	1,30	0,17	0,39	0,07
Sek. Tumpah	Hulu	1,00	0,27	1,85	0,38	2,33	0,90
	Hilir	1,20	0,67	1,20	0,80	0,56	0,44
Sek. Mopugad	Hulu	0,50	0,34	1,14	0,27	1,74	0,48
	Hilir	0,50	0,33	1,56	0,34	1,25	0,43
Sek. Mopuya	Hulu	2,60	0,39	3,70	1,23	0,24	0,29
	Hilir	0,75	0,10	0,82	0,08	2,42	0,19
Sek. Tolingsingon	Hulu	0,50	0,14	0,70	0,08	1,30	0,11
	Hilir	0,50	0,22	0,90	0,15	0,64	0,10
Sek. Tapadaka	Hulu	0,50	0,14	1,05	0,11	1,61	0,17

	Hilir	0,70	0,34	1,63	0,40	0,20	0,08
Sek. Konarom	Hulu	0,50	0,35	1,17	0,29	1,04	0,30
	Hilir	0,50	0,11	0,64	0,06	0,89	0,06
Sek. Osion	Hulu	0,50	0,19	1,29	0,17	1,94	0,33
	Hilir	0,50	0,22	1,10	0,18	1,55	0,27
Sek. Dumara	Hulu	0,60	0,03	0,66	0,02	2,26	0,04
	Hilir	0,50	0,03	0,63	0,02	0,90	0,02

4.2 Metode Ambang Lebar

Pengukuran debit dengan metode ambang lebar dilakukan pada box tersier yang memenuhi syarat untuk dilakukan pengambilan data. Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari perhitungan jaringan tersier pada setiap jaringan primer dan jaringan sekunder.

Tabel 8. Data Debit Jaringan Tersier

Nomenklatur/ Ruas	b	H	h	Q
	m	m	m	M^3/s
BTr 1	0,91	0,21	0,18	0,07
BTr 3 1	0,29	0,59	0,27	0,33
BTr 3 2	0,28	0,59	0,26	0,32
BTr 4	0,28	0,57	0,43	0,20
BTr 5 1	0,32	0,55	0,25	0,32
BTr 5 2	0,50	0,55	0,25	0,49
Bto 1 kr 1	0,60	0,50	0,26	0,17
Bto 1 kr 2	0,30	0,50	0,26	0,09
Bto 1 kn 1	0,34	0,36	0,14	0,04
Bto 1 kn 2	0,75	0,30	0,13	0,06
Bto 3 kn kr	0,85	0,24	0,22	0,05
DKr 2 kn kn 1	0,20	0,70	0,38	0,12
DKr 2 kn kn 2	0,50	0,50	0,26	0,14
DKr 2 Kn Te	0,50	0,50	0,26	0,14
DKr 2 kn kr	0,40	0,50	0,22	0,10
BDKr 4 Kn 1	0,40	0,41	0,20	0,07
BDKr 4 kn 2	0,74	0,41	0,39	0,11
BDKr 5 kn	0,37	0,70	0,46	0,25
BDKr 6 kn	0,42	0,26	0,20	0,04
BDKr 7 Kn	0,64	0,42	0,36	0,15
BDKr 8x	0,19	0,35	0,04	0,00
BDKr 8 Kn	0,13	0,85	0,42	0,10
Pintu penguras	1,00	0,18	0,04	0,01
BDKr 9 kn 1	0,27	0,56	0,31	0,10
BDKr 9 kn 2	0,40	0,38	0,35	0,06
BDKr 10 kn	0,58	0,37	0,24	0,11
BDKr 12 kn 1	0,80	0,52	0,24	0,22
BDKr 12 kn 2	0,80	0,52	0,24	0,22
BDKr 12 kn 3	0,66	0,56	0,25	0,20
BDkr 16	0,40	0,24	0,15	0,03
DDKr 17 Kn 1	0,21	0,23	0,19	0,02
BDKr 17 Kn 2	0,23	0,23	0,19	0,02
BDKr 21 Kn Kr 1	0,45	0,30	0,28	0,04
BDKr 21 Kn Kr 2	0,20	0,20	0,16	0,01
BDKr 21 Kn Kr 3	0,30	0,30	0,28	0,03
BDKr 21 Kn kn	0,57	0,30	0,27	0,06
BDKr 22 Kn	0,36	0,17	0,14	0,01
BDKr 23 kn 1	0,48	0,30	0,28	0,04
BDKr 23 kn 2	0,50	0,30	0,27	0,05
BDKr 24 kn 1	0,20	0,65	0,16	0,04

BDKr 24 kn 2	0,41	0,65	0,32	0,19
BDKr 27 kn	0,40	0,31	0,17	0,05
BDKr 28 kn kr	0,20	0,42	0,37	0,04
BDKr 28 kn Kn	0,30	0,40	0,35	0,06
BDKr 30 kn	0,59	0,21	0,20	0,02
BDKr 32 Kn	0,40	0,17	0,15	0,01
Tp 1 kn	0,50	0,34	0,26	0,08
Tp 2 kr 1	0,67	0,40	0,30	0,15
Tp 2 kr 2	0,07	0,40	0,08	0,00
Tp 2 kn 1	0,40	0,44	0,16	0,06
Tp 2 kn 2	0,40	0,44	0,19	0,07
Tp 3 kn	0,41	0,28	0,24	0,04
DM 1 Kn kn	0,47	0,16	0,10	0,02
DM 1 Kn	0,19	0,17	0,05	0,00
DKm 1 Kn kn	0,22	0,23	0,09	0,01
BKm 2 kn 1	0,30	0,23	0,17	0,02
BKm 2 kn 2	0,50	0,25	0,22	0,04
BKm 2 Kr 1	0,75	0,22	0,14	0,05
BKm 2 Kr 2	0,21	0,22	0,14	0,01
BTd 1	0,50	0,28	0,25	0,05

4.3 Evaporasi

Perhitungan evaporasi mengunakan data klimatogi Daerah Irigasi Toraut yang di peroleh dari Stasiun Klimatologi Sulawesi Utara dengan jumlah pengamatan 7 tahun, yaitu data tahun 2017-2023. Contoh data evaporasi menggunakan data Klimatologi Stasiun Sulawesi Utara pada tahun 2023 seperti ditunjukan pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Klimatologi Sulawesi Utara Tahun 2023

Bulan	Temperatur	Kelembaban Relatif *(RH)*	Kecepatan Angin *(U)*	Sinar Matahari *(n/N)*
	(ºC)	(%)	m/detik	(%)
Januari	24,43	91,87	26,31	32,01
Februari	24,04	91,57	31,67	29,63
Maret	24,44	91,58	38,97	42,16
April	24,90	88,30	44,33	47,01
Mei	24,40	93,10	46,87	45,50
Juni	23,71	92,87	48,75	40,65
Juli	23,30	93,48	49,89	35,44
Agustus	23,13	91,35	62,00	43,24
September	22,60	91,57	58,98	46,25
Oktober	23,98	92,39	69,09	0,00
November	24,68	93,50	39,99	0,00
Desember	24,93	92,97	35,89	0,00

(Balai Wilayah Sungai Sulawesi I Manado, Sulawesi Utara, 2024)

Hasil dari perhitungan evaporasi dari data evaporasi tahun 2017 - 2023 dihitung menggunakan Metode Penman Modifikasi.

Tabel 10. Evaporasi DAS Dumoga Mongondow

Bulan	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**Rata-rata**
Januari	5,26	4,19	3,76	4,97	3,76	2,59	3,59	4,04
Februari	5,31	4,31	4,16	5,15	4,23	2,59	3,61	
Maret	5,20	4,80	3,85	4,54	3,82	0,00	3,82	
April	4,56	4,39	3,31	4,84	3,58	0,00	3,60	
Mei	4,46	4,18	3,00	4,05	3,40	0,00	3,20	
Juni	4,22	3,70	2,85	4,36	4,55	0,00	2,90	
Juli	4,57	3,99	2,55	4,28	4,45	2,59	2,76	

Agustus	5,13	4,85	3,50	4,99	5,13	3,55	3,54
September	5,83	4,83	4,48	5,43	5,82	4,49	4,09
Oktober	6,01	4,11	4,43	5,42	5,96	4,43	2,48
November	5,88	4,04	4,17	5,23	5,70	3,89	2,39
Desember	5,73	3,75	3,89	5,15	5,48	5,08	2,36

Penguapan rata-rata yang terjadi di saluran Irigasi Toraut 4,04 mm/hari

4.4 Kehilangan Air

Perhitungan kehilangan air dalam penelitian ini mencakup kehilangan air yang diakibatkan oleh rembesan dan evaporasi, berdasarkan persamaan 2 maka persamaan neraca air diperoleh:

$$K = Qin – Qout – R - E$$

Hasil perhitungan kehilangan air di setiap saluran Irigasi Toraut ditunjukkan pada tabel 11.

Tabel 11. Total Kehilangan Air Saluran Irigasi Toraut

Nama Saluran	Qin	Rembesan	Evaporasi	Kehilangan Air	Persen Kehilangan Air
	m^3/detik	m^3/detik	m^3/detik	m^3/detik	
SPKn	3,917	0,0569	0,0001	0,0569	1,45%
SPKr 1	5,586	0,2146	0,0005	0,2151	3,85%
SPKr 2	3,630	0,0877	0,0001	0,0879	3,47%
SPKr 3	0,158	0,0032	0,0001	0,0033	2,07%
SPKr 4	0,479	0,0175	0,0001	0,0176	3,66%
SPKr 5	1,237	0,3327	0,0000	0,3327	26,90%
SPKr 6	0,171	0,0510	0,0001	0,0511	29,85%
SPKr 7	0,136	0,0288	0,0000	0,0288	21,19%
Sek. Tongot 1	0,428	0,0617	0,0001	0,0618	14,43%
Sek. Tongot 2	0,253	0,0056	0,0001	0,0057	2,24%
Sek. Tondait	0,543	0,0040	0,0000	0,0041	0,75%
Sek. Tumpa	0,895	0,0380	0,0001	0,0380	4,25%
Sek. Mopugad	0,478	0,0517	0,0001	0,0518	10,82%
Sek. Mopuya	0,291	0,1014	0,0000	0,1014	34,82%
Sek. Toligsingon	0,109	0,0105	0,0000	0,0105	9,64%
Sek. Tapadaka	0,175	0,0478	0,0001	0,0479	27,41%
Sek. Konarom	0,304	0,0133	0,0000	0,0133	4,38%
Sek. Osion	0,330	0,0572	0,0000	0,0573	17,38%
Sek. dumara	0,043	0,0273	0,0000	0,0274	64,13%
Total	**19,164**	**1,2108**	**0,0015**	**1,2123**	
∑Rata-rata Persen Kehilangan Air					**14,82%**

Tabel 12 menunjukan rekapitulasi total kehilangan air di setiap Saluran Irigasi Toraut, dimana kehilangan air yang paling kecil terjadi pada saluran sekunder yaitu di saluran di sekunder Tondait sebesar 0,75%, sedangkan nilai kehilangan air yang paling besar terjadi pada saluran sekunder yaitu Sekunder Dumara sebesar dengan nilai kehilangan sebesar 64,13%, hal ini dikarenakan kondisi saluran yang kurang terawat. Kondisi saluran yang kurang terawat diakibatkan adanya tanaman liar disepanjang badan saluran.

4.5 Efisiensi Irigasi

Perhitungan efisiensi Saluran Irigasi Toraut didapatkan dengan cara membandingkan nilai besarnya debit yang masuk (*Qin*) dalam hal ini yaitu besarnya jumlah debit di saluran dengan besarnya debit yang keluar (*Out*).

Hasil perhitungan dan rekapitulasi efisiensi di setiap saluran Irigasi Toraut ditunjukan pada Tabel 12.

Tabel 12. Perhitungan Efisiensi di Setiap Saluran Irigasi Toraut

Nama saluran		Qin	Qout	Efisiensi	Rata-rata Efesiensi
		m^3/detik	m^3/detik	%	%
SPKn		3,917	0,579		
	BTr 1		0,072	98,55	
	BKr 2		1,547		

	BTr 3		0,652		
	BTr 4		0,200		
	BTr 5		0,811		
Total		3,917	3,860		
SPKr 1		5,586	5,371	96,15	
Total		5,586	5,371		
SPKr 2		3,630	0,669		
	BDkr 2		0,979		
	BDkr 3		0,261		
	BDkr 4		0,185		
	BDkr 5		0,250		
	BDkr 6		0,040	97,58	
	BDkr 7		0,149		
	BDkr 8x		0,004		
	BDkr 8		0,103		
	BDkr 9		0,160		
	BDkr 10		0,109		
	BDkr 11		0,000		
	BDkr 12		0,634		
Total		3,630	3,542		
SPKr 3		0,158	0,092		
	BDKr 14		0,000		
	BDKr 15		0,000	97,93	
	BDKr 16		0,031		
	BDKr 17		0,032		
Total		0,158	0,155		88,57
SPKr 4		0,479	0,156		
	BDKr 21		0,193	96,34	
	BDKr 22		0,014		
	BDKr 23		0,098		
Total		0,479	0,462		
SPKr 5		1,237	0,422		
	BDKr 27		0,046	73,10	
	BDKr 28		0,436		
Total		1,237	0,904		
SPKr 6		0,171	0,097	70,15	
	BDKr 30		0,023		
Total		0,171	0,120		
SPKr 7		0,136	0,093	78,81	
	BDKr 32		0,015		
Total		0,136	0,107		
SS. Tongot 1		0,428	0,366	85,57	
total		0,428	0,366		
SS. Tongot 2		0,253	0,248	97,76	
total		0,253	0,248		
SS. Tondait		0,543	0,067		
	Bto 1		0,360	99,25	
	Bto 2		0,030		
	Bto 3		0,082		
total		0,543	0,539		
SS. Tumpa		0,895	0,444	95,75	
	Tp 1		0,083		
	Tp 2		0,288		82,70
	Tp 3		0,043		
total		0,895	0,857		

SS. Mopugad		0,478	0,4265	89,18
total		0,478	0,427	
SS. Mopuya		0,291	0,190	65,18
total		0,291	0,190	
SS. Toligsingon		0,109	0,098	90,36
total		0,109	0,098	
SS. Tapadaka		0,175	0,079	72,59
	BTd 1		0,048	
total		0,175	0,127	
SS. Konarom		0,304	0,056	
	DKm 1		0,112	95,62
	DKm 2		0,122	
total		0,304	0,235	
SS. Osion		0,330	0,272	82,62
total		0,330	0,272	
SS. Dumara		0,043	0,015	35,87
total		0,043	0,015	

Hasil rekapitulasi efisiensi di setiap Saluran irigasi Toraut, dimana efisiensi saluran yang paling besar yaitu di saluran Sekunder Tondait 99,25% sedangkan efisiensi saluran yang paling kecil terjadi pada saluran sekunder Dumara sebesar 35,87%, hal ini dikarenakan terjadi banyak kehilangan air sehingga selisih antara debit air yang masuk (Qin) dan debit air yang keluar (Qout) sangat besar. sil rekapitulasi efisiensi di setiap Saluran irigasi Toraut, dimana efisiensi saluran yang paling besar yaitu di saluran sekunder Tondait sebesar 99,25% sedangkan total efisiensi yang paling kecil terjadi pada saluran sekunder sebesar 35,87%, hal ini dikarenakan terjadi banyak kehilangan air sehingga selisih antara debit air yang masuk (Qin) dan debit air yang keluar (Qout) sangat besar.

Perhitungan efisiensi saluran Irigasi Toraut berdasarkan Kriteria Perencanaan (KP-03 2013)

Standar efisiensi saluran primer = 90%
Standar efisiensi saluran sekunder = 90%
Standar efisiensi saluran tersier = 80%
Standar efisiensi saluran irigasi = 0,9 x 0,9 x 0,8 = 0,65

Berdasarkan standarisasi diatas maka perhitungan efisiensi saluran Irigasi Toraut adalah:

Efisiensi saluran primer = 88,54 %
Efisiensi saluran sekunder = 81,96 %
Efisiensi saluran teriser = 80 %
Efisiensi saluran irigasi Toraut = 0,89 x 0,83 x 0,80 = 0,59 atau 59%

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi Saluran Irigasi Toraut Rata-rata efisiensi saluran yaitu 59% sedangkan berdasarkan perhitungan standarisasi efisiensi saluran irigasi yaitu sebesar 65%, hal ini menunjukkan Saluran Irigasi Toraut tidak memenuhi standar kriteria perencanaan KP-03 dimana nilai kehilangan air harus berkisar antara 5-10%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN/REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang diperoleh peneliti:

1. Debit aliran terbesar pada saluran primer SPKr 1 (hulu) sebesar 5,917 m^3/detik, dan nilai debit terkecil pada saluran primer terdapat pada SPKr 3 (hilir) sebesar 0,092 m^3/detik. Nilai debit aliran terbesar pada saluran sekunder terletak pada saluran sekunder Tumpah (hulu) 0,895 m^3/detik, dan nilai debit terkecil saluran sekunder terletak pada sekunder Dumara (hilir) sebesar 0,015 m^3/detik.
2. Nilai kehilangan air terbesar pada jaringan saluran primer terjadi pada saluran Primer SPKr 6 sebesar 29,89%, sedangkan pada jaringan saluran sekunder, nilai kehilangan air terbesar terdapat pada saluran Sekunder Dumara sebesar 64,13%.
3. Nilai efisiensi pada saluran primer didapat sebesar 88,57% dan untuk saluran sekunder sebesar 82,70%.

5.2 Saran/Rekomendasi

Dari hasil penelitian ini, diharapkan ada upaya untuk mengurangi kehilangan air pada saluran. Langkah-langkah yang dapat dilakukan antara lain memperbaiki dinding yang bocor, membersihkan sedimentasi, menghilangkan tanaman liar di sepanjang saluran, serta memberikan penyuluhan kepada

masyarakat agar tidak membuang sampah plastik maupun organik ke saluran irigasi. Selain itu, penting untuk melaporkan kepada instansi terkait tentang pengelolaan aliran air sawah secara efisien, guna mencegah pengambilan air yang berlebihan.

REFERENSI

Adolong , S. S. (2021). *Analisis Kehilangan Air Pada Jaringan Irigasi Alopohu (Bagian Kiri).* Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.

Balai Wilayah Sungai Sulawesi I Manado, Sulawesi Utara. (2024). Data Klimatologi Sulawesi Utara Tahun 2023.

Bella, B. J., Wuisan, E. M., & Mananoma, T. (2018). Analisis Neraca Air Di titik Bendung Toraut, Desa Toraut Utara, Kecamatan Dumoga Barat, Kabupaten Bolaang Mongondow. *Jurnal Sipil Statik*, 247-258.

Dairi, R. H. (2021). Analisa Efisiensi Pengolahan Air Irigasi Pada Saluran Sekunder Dan Tersier Di Bendung Wonco II Ngkari-Ngkari Kota Baubau. *Jurnal MEDIA INOVASI Teknik Sipil Unidayan*, *10*(1), 13-19.

Direktorat Jenderal Sumber Daya Air . (2013). *Standar Perencanaan Irigasi KP-03.* Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Jumiono, A., Judijanto, L., Apriyanto, A., Suryanto, A., Nuriadi, N., Fanani, M. Z., & Rusliyadi, M. (2024). *Pengantar Ilmu Pertanian*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.

Hadisusanto, N. (2010). *Aplikasi Hidrologi.* Malang: Jogja Mediautama.

Mustofa, A. (2023). *Buku Ajar Mata Kuliah Ekologi Perairan*. Unisnu Press.

Noerhayati, E., & Suprato, B. (2018). *Perencanaan Jaringan Irigasi Saluran Terbuka.* Malang: Inteligensia Media.

Tallar, R. Y. (2023). *Dasar-Dasar Hidrologi Terapan*. Ideas Publishing.

Salman, S. (2023). *Evaluasi Sistem Penyaliran Tambang Pada Pit Anoa Blok 4 Site Lameruru PT Tiran Indonesia* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

Soewarno. (1991). *Hidrologi Pengukuran dan Pengelolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri).* Bandung: Nova.

Soewarno. (2000). *Hidrologi Operasional.* Bandung: PT. Citra Aditya Bakti.

Triatmojo, B. (2009). *Hidrologi Terapan.* Yogyakarta: Beta Offest Yogyakarta.

Virlayani, A., Kuba, M. S. A. S., Irfan, A., & Hasanuddin, N. (2024). Korelasi antara Debit Aliran dan Analisis Sedimen di Sungai Bila Kabupaten Sidrap. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, *2*(1), 178-184.