

KESEIMBANGAN PENGGUNAAN AIR IRIGASI PADA DAERAH IRIGASI BRAJAN KABUPATEN KARANGANYAR

Angga Andreansah Putra¹, *)Paska Wijayanti¹, Gatot Nursetyo¹

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta

*) Email: paska.wijayanti@lecture.utp.ac.id

ABSTRACT

Water balance is the calculation of water entering and leaving an irrigation system to determine the need for clean water for agriculture and the efficiency of water use over a certain period. The amount of available water discharge is also used as a reference to assess the availability of irrigation water throughout the year. The Brajan Irrigation Area (DI) is located in the Pepe River Basin in Karanganyar Regency. In DI Brajan, water shortages often arise, and people often engage in debates over water to irrigate their own agricultural land. Over time, changes in cropping patterns are needed so that water needs can be met properly. This study aims to examine the water balance between the amount of available water and water needs in DI Brajan. The analysis steps begin by tracing the DI Brajan irrigation network, collecting secondary data obtained from the Bengawan Solo Water Resources Development Center, followed by comparing irrigation water needs and availability. Based on the analysis of irrigation water needs with a rice-rice-secondary cropping pattern, it shows that the average annual availability of irrigation water in D.I. Brajan is 0.32 m³/second, the maximum irrigation water requirement is 0.24 m³/second in May II of the second rice planting season, and the availability of water in D.I. Brajan is very adequate, with the fulfillment of water needs reaching 100% and there is no water shortage, namely 0.00%. Thus, the availability of water in D.I. Brajan is still sufficient to meet agricultural irrigation needs.

Keywords: water availability, water demand, Brajan irrigation area.

ABSTRAK

Keseimbangan air adalah perhitungan air yang masuk dan keluar pada suatu sistem irigasi untuk mengetahui kebutuhan air bersih pertanian serta efisiensi penggunaan air selama jangka waktu tertentu. Besarnya debit air yang ada juga digunakan sebagai acuan untuk menilai ketersediaan air irigasi sepanjang tahun. Daerah Irigasi (D.I.) Brajan terletak pada Daerah Aliran Sungai Pepe Kabupaten Karanganyar. Pada D.I.Brajan kerap muncul masalah kekurangan air, dan sering kali masyarakat terlibat perdebatan untuk berebut air guna menyiram lahan pertanian mereka sendiri. Seiring berjalannya waktu, diperlukan perubahan dalam pola tanam agar kebutuhan air dapat terpenuhi dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keseimbangan air antara jumlah air yang tersedia dan kebutuhan air di D.I.Brajan. Langkah analisis dimulai dengan menelusuri jaringan irigasi D.I.Brajan, pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari Balai Pengembangan Sumber Daya Air Bengawan Solo, dilanjutkan membandingkan kebutuhan dan ketersediaan air irigasi. Berdasarkan analisis kebutuhan air irigasi dengan pola tanam padi-padi-palawija, menunjukkan bahwa rata-rata tahunan ketersediaan air irigasi D.I.Brajan sebesar 0,32 m³/detik, kebutuhan air irigasi maksimum didapat sebesar 0,24 m³/detik pada bulan mei II masa tanam padi II, dan ketersediaan air D.I.Brajan sangat memadai, dengan pemenuhan kebutuhan air mencapai 100% dan tidak ada kekurangan air yaitu 0.00%. Dengan demikian, ketersediaan air D.I.Brajan masih cukup untuk memenuhi kebutuhan irigasi pertanian.

Kata kunci: ketersediaan air, kebutuhan air, D.I. Brajan.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu elemen dasar yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan di bumi ini. Tanpa adanya air, keberadaan kehidupan hampir tidak mungkin. Air tidak hanya vital bagi manusia, air juga dimanfaatkan untuk mengairi ladang yang sangat berpengaruh dalam sektor pertanian dan pemenuhan ketahanan pangan. Bendung adalah sumber utama penyediaan air bagi pertanian berbasis irigasi. Tanpa bendung, tanaman tidak memperoleh suplai air yang teratur, terutama pada musim kemarau. Bendung Brajan terletak di Desa Ngasem, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Daerah irigasi (D.I) Brajan mencakup area seluas 137 hektar. Seiring dengan perkembangan waktu, diperlukan pembaruan dalam pola tanam yang sesuai dengan kebutuhan dan ketersediaan air. Pengaturan irigasi yang efektif perlu mampu menyediakan dan menyalurkan air dengan benar agar semua tumbuhan dapat memperoleh air sesuai dengan kebutuhan mereka (Hidayati, 2017).

Penelitian mengenai keseimbangan air telah banyak dilakukan di berbagai wilayah irigasi, termasuk studi tentang perbandingan antara ketersediaan dan kebutuhan air di Desa Jetu, Kabupaten Karanganyar yang menggunakan analisis deskriptif kuantitatif, menunjukkan bahwa jika petani menerapkan pola tanam Padi-Padi-Palawija, luas lahan yang terpenuhi selama penanaman padi adalah sebesar 21,10%, sementara untuk palawija mencapai 34,43%. (Suryo Handoyo, Erni Mulyandari, 2021)

Analisis keseimbangan air irigasi D.I Ngasem di Kecamatan Colomadu Karanganyar dilakukan dengan metode analisis deskriptif kuantitatif, hasilnya menunjukkan bahwa terdapat kekurangan air sebesar 67% dan air

yang tersedia mencapai 33% (Khoirul Mahfudi, Erni Mulyandari, & Gatot Nursetyo, 2023).

Analisis pemenuhan kebutuhan air untuk padi dan tanaman palawija di D.I Rawa (Dir) Danda Besar Kabupaten Barito Kuala dilakukan melalui perhitungan KP-01 dan hasil dari analisis tersebut menunjukkan kebutuhan air minimum sebesar 37.760 liter per detik per hektar pada tanggal 1 Januari saat musim tanam padi. Selain itu, kebutuhan maksimum untuk irigasi tercatat sebesar 711.558 liter per detik per hektar pada tanggal 1 April saat persiapan lahan untuk jagung (Fitriansyah, Elva Shanty Widuri, & Eriza Islakul Ulmi, 2020).

Analisis kebutuhan air irigasi Sungai Air Keban Kabupaten Empat Lawang dilakukan dengan metode perhitungan KP-01 serta menggunakan perangkat lunak Cropwat 8.0. Hasilnya menunjukkan bahwa jika menggunakan pola tanam padi-padi, perhitungan metode KP-01 menunjukkan kebutuhan air irigasi maksimum sebesar 2,54 m³/dt, sementara Cropwat menghasilkan angka sebesar 1,67 m³/dt. Untuk kebutuhan air irigasi minimum, perhitungan metode KP-01 menunjukkan nilai 0,17 m³/dt, sedangkan Cropwat mencatat angka 0,06 m³/dt (Priyonugroho, 2014).

Analisis kebutuhan air irigasi pada D.I Kecamatan Dusun Tengah Kabupaten Barito Timur dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan KP-01 dan perangkat lunak Cropwat 8.0. Hasilnya menunjukkan perhitungan kebutuhan irigasi maksimum dengan metode KP-01 sebesar 3,56 m³/dt dan Cropwat sebesar 5,03 m³/dt. Sedangkan perhitungan kebutuhan minimum metode KP-01 sebesar -0,02 m³/dt dan Cropwat sebesar 0,09 m³/dt (Erisa Izdihar, Haiki Mart Yopi, & Hendro Suyanto, 2022).

Analisis kebutuhan air untuk irigasi di Desa Sampe Kecamatan Rhee dilakukan menggunakan metode standar perencanaan irigasi dengan pola tanam padi-padi-jagung. Hasil analisis menunjukkan kebutuhan air maksimum sebesar 19,07 mm/hari pada bulan Desember saat lahan sedang dipersiapkan, dan kebutuhan minimum terjadi pada bulan Maret dengan angka 3,70 mm/hari. Dalam perencanaan dimensi saluran, digunakan dua jenis model saluran. Model pertama berdesain trapesium dengan ukuran lebar 0,50 m dan tinggi 0,50 m, sedangkan model kedua berbentuk persegi dengan lebar 0,50 m dan tinggi 0,30 m (Bayu Septian Erfandi, Totok Hari Dewanto, & Eti Kurniati, 2021).

Irigasi

Irigasi merupakan aktivitas yang bertujuan untuk menyalurkan air dengan cara mendirikan bangunan dan saluran agar air dapat dialirkan untuk keperluan pertanian, serta untuk mengatur distribusi air dari sungai atau lahan secara teratur, dan mengolah air yang tidak terpakai lagi setelah semua sumber air digunakan. Penting untuk mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk membatasi pengambilan air dari sumber-sumber di bawah ke area yang membutuhkan atau untuk disalurkan ke tanaman yang memerlukannya Gandakoesuma (1981) dalam (Rahma R, 2021). Sedangkan Menurut Wirosoedarmo (1986) dalam (Rahma R, 2021), Irigasi merupakan aktivitas yang berhubungan dengan usaha mendapatkan air untuk area pertanian seperti sawah, ladang, kebun, perikanan, atau kolam, yang sebenarnya bertujuan untuk kebutuhan agrikultur.

Evapotranspirasi

Evapotranspirasi merupakan gabungan dari dua proses, yaitu penguapan dan pelepasan uap air oleh tanaman. Penguapan mengacu pada kehilangan air dari tanah dan sumber air lainnya, sedangkan pelepasan uap air oleh tanaman terjadi karena proses pernapasan dan fotosintesis. Kedua proses yang terpisah ini, di mana air hilang dari tanah melalui penguapan dan dari tanaman melalui pelepasan uap, disebut dengan evapotranspirasi (ET). Formula untuk menghitung evapotranspirasi potensial (ET₀) menggunakan rumus Penman-Monteith (SNI 7745:2012) adalah:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Keterangan: ET₀ = evapotranspirasi (mm/hari), R_n = radiasi matahari (MJ/m²/hari), γ = konstanta psikometrik (kPa/°C), T = Suhu udara rata-rata (°C), U₂ = kecepatan angin di ketinggian 2m di atas permukaan tanah (m/s), e_s = tekanan uap jenuh (kPa), e_a = tekanan uap actual (kPa), Δ = kemiringan kurva uap angin terhadap suhu (kPa/°C).

Ketersediaan air irigasi

Ketersediaan air untuk irigasi adalah sebuah studi tentang seberapa banyak air yang ada untuk sistem irigasi. Dalam menghitung ketersediaan air untuk irigasi, digunakan metode rata-rata aliran, yaitu dengan mengambil data aliran bulanan selama beberapa tahun dan menghitung rata-ratanya menggunakan rumus berikut:

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q}{n}$$

Keterangan: \bar{Q} = debit rata-rata tiap bulan selama kurun waktu beberapa tahun (m^3/dt), $\sum Q$ = jumlah debit (m^3/dt), dan n = banyak tahun.

Kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air untuk irigasi adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi atau mempersiapkan kebutuhan evaporasi saat pengaliran, kehilangan air, serta kebutuhan air bagi tanaman, yang secara langsung dapat berpengaruh pada jumlah atau indikator kualitas yang diberikan secara alami, baik dari hujan maupun dari peran sumber air tanah. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kebutuhan air sawah adalah:

1. Penyiapan lahan

Priyonugroho (2014) menyatakan bahwa kebutuhan irigasi untuk penyiapan lahan dihitung menggunakan metode Van de Goor dan Zijlsha (1968), yang didasarkan pada laju suplai air konstan dalam $lt/dt/ha$ selama periode tersebut dan menghasilkan rumus berikut:

$$IR = M e^k / (e^k - 1)$$

Keterangan : IR = kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari), dan M = kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasasi di sawah yang sudah di jenuhkan.

$$M = E_0 + P$$

Keterangan : E_0 = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 ETo selama penyiapan lahan (mm/hari), dan P = Perkolasi (mm/hari)

$$K = M \times T / S$$

Keterangan : T = Jangka waktu penyiapan lahan (hari), dan S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan di tambah dengan lapisan air 50 mm

2. Penggunaan konsumtif

Pemakaian konsumtif, atau kebutuhan air tanaman, adalah air yang dipergunakan tanaman untuk mendukung pertumbuhannya. Perhitungan kebutuhan air ini dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

Keterangan: ET_c = Penguapan air tanaman (mm/hari), K_c = Koefisien tanaman, ET_0 = Evapotranspirasi potensial (Penmann modifikasi) (mm/ hari).

3. Perkolasi Rembesan

Perkolasi, disimbolkan dengan (P), merupakan gerakan air yang meresap ke dalam tanah melalui pori-pori. Laju perkolasasi dipengaruhi oleh sifat tanah, terutama tekstur dan strukturnya. Tanah lempung yang berat dengan pengolahan baik memiliki laju perkolasasi sekitar 1–3 mm/hari, sedangkan tanah yang lebih ringan menunjukkan laju perkolasasi yang lebih tinggi.

4. Pergantian lapisan

Pergantian lapisan air (water layer replacement, WLR) adalah penggantian genangan air pada lahan sejak awal tanam sampai panen, di mana besarnya berubah sesuai umur tanaman. Berdasarkan Standar Perencanaan 1967, KP-01, kebutuhan pergantian air pada usia tanaman 1–2 bulan setelah transplantasi adalah 50 mm per bulan, atau sekitar 3,3 mm per hari untuk setengah bulan.

5. Curah Hujan Rata-Rata

Cara rata-rata aljabar adalah metode yang menghitung rata-rata curah hujan dari titik-titik pengamatan di daerah terkait dan wilayah sekitarnya.

$$R = 1/n (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Keterangan: R = Curah hujan wilayah (mm), N = Jumlah pos-pos pengamatan, dan R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan di tiap pos pengamatan (mm).

Hasil yang diperoleh melalui metode ini umumnya tidak jauh berbeda dari metode lainnya, terutama apabila titik-titik pengamatan cukup banyak dan tersebar merata di seluruh wilayah tersebut. Kelebihan dari metode ini adalah sifatnya yang lebih objektif, berbeda dengan metode isohyet yang masih dipengaruhi oleh unsur subjektivitas (Sosorodarsono dan Kensaku, 2003).

6. Curah hujan efektif

Curah hujan efektif adalah besaran curah hujan yang langsung dapat dimanfaatkan tanaman pada masa pertumbuhannya. Menurut Priyonugroho (2014), persamaan yang digunakan yaitu sebagai berikut :

$$R80 = n/n + 1 \text{ m} = R80 \times (m + 1)$$

Keterangan : $R80 =$ Curah hujan 80%, $n =$ banyaknya data, dan $m =$ curah hujan telah dipilih

Curah hujan efektif untuk padi diperkirakan mencapai 70% dari curah hujan pertengahan bulan yang terjadi lebih dari 80% waktu dalam suatu periode. Sedangkan pada tanaman sekunder, jumlah curah hujan efektif ditentukan secara bulanan, dengan kisaran 50% dari kebutuhan air, menyesuaikan besarnya evapotranspirasi rata-rata pada bulan terjadinya hujan (Priyonugroho, 2014).

Untuk padi : $Re_{padi} = (R80 \times 0,7) / \text{periode pengamatan}$

Untuk palawija : $Re_{palawija} = (R80 \times 0,5) / \text{periode pengamatan}$

Dikaitan dengan tabel, dimana: $Re =$ Curah hujan efektif (mm/hari), dan $R80 =$ Curah hujan dengan kemungkinan terjadi sebesar 80% pola tanam.

7. Pola tanam

Untuk memenuhi kebutuhan air tanaman, penentuan pola tanam menjadi aspek penting yang harus diperhatikan agar hasil produksi dapat optimal. Tabel 1 berikut menyajikan contoh pola tanam yang dapat digunakan.

Tabel 1.Pola tanam

Ketersediaan air untuk jaringan irigasi	Pola tanam dalam satu tahun
1. Tersedia air cukup banyak	Padi – Padi - Palawija
2. Tersedia air dalam jumlah cukup	Padi – Padi – Bera
3. Daerah yang cenderung kekurangan air	Padi – Palawija - Palawija
	Padi – Palawija – Bera Palawija – Padi - Bera

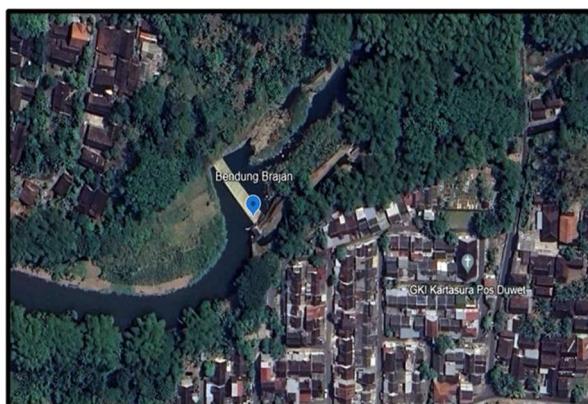
(Sumber : S.K. Sidharta, *Irigasi dan Bangunan Air*, 1997)

Koefisien tanaman (Kc)

Koefisien tanaman adalah karakteristik dari tanaman yang berfungsi untuk memperkirakan nilai dari evapotranspirasi. Koefisien tanaman (Kc) ditentukan melalui perbandingan antara evapotranspirasi yang terukur dari pengamatan pada lahan dengan karakter vegetasi yang sama dan pasokan air yang cukup (ET), serta evapotranspirasi potensial (ET₀).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi studi dilakukan pada suatu sistem jaringan irigasi yang dilayani oleh Bendung Brajan yang disebut sebagai D.I Brajan. Bendung Brajan terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Pepe, Sembung, Desa Ngasem, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar. Total luas daerah irigasi D.I Brajan adalah 137 Ha.



Gambar 1. Lokasi Penelitian D.I Brajan
(Sumber: Google Earth, 2024)

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan melalui survey D.I Brajan yang bertujuan untuk mendapatkan data tambahan sebagai bukti kebenaran data-data dari instansi. Sedangkan data sekunder berupa data teknis D.I Brajan yang diperoleh dari instansi Balai Pengembangan

Sumber daya Air (BPSDA) Bengawan Solo.

Tahapan analisis pada penelitian ini sebagai berikut

1. Persiapan studi literatur.
2. Pengumpulan data primer dan sekunder.
3. Inventarisasi jaringan irigasi.
4. Perhitungan ketersediaan air irigasi menggunakan data debit rata-rata di intake pada bendung Brajan mulai tahun 2009-2023 yang didapatkan dari instansi BPSDA Bengawan Solo.
5. Perhitungan evapotransparasi metode *Penman-Monteith* dan *Software Cropwat 8.0*.
6. Pengolahan data hujan.
7. Pengolahan data klimatologi.
8. Perhitungan kebutuhan air irigasi menggunakan metode KP-01.
9. Perhitungan keseimbangan air irigasi D.I Brajan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan survey di D.I Brajan pada saluran irigasi primer, sekunder maupun tersier, dapat diidentifikasi bahwa beberapa saluran yang tidak terawat dengan baik salah satu contohnya yaitu saluran yang tanggulnya rusak, saluran yang dipenuhi sampah, dan saluran yang dipenuhi sedimentasi.

Analisis ketersediaan air irigasi

Analisis ketersediaan air irigasi dihitung berdasarkan rerata bulanan pencatatan debit intake pada bendung Brajan. Data yang diperoleh adalah pencatatan debit bulanan mulai dari tahun 2009-2023. Dari data tersebut maka dicari rerata bulanan yang hasilnya dapat dilihat seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan debit intake Bendung Brajan

Tahun	Debit (m ³ /dt)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
2009	0.24	0.23	0.27	0.50	0.39	0.30	0.32	0.31	0.28	0.23	0.27	0.28
2010	0.27	0.22	0.24	0.27	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.31	0.30	0.27
2011	0.26	0.27	0.33	0.35	0.28	0.33	0.30	0.30	0.27	0.27	0.32	0.34
2012	0.26	0.35	0.39	0.39	0.39	0.42	0.35	0.22	0.19	0.23	0.35	0.34
2013	0.27	0.26	0.28	0.38	0.31	0.32	0.35	0.34	0.31	0.30	0.29	0.31
2014	0.32	0.33	0.28	0.38	0.33	0.34	0.36	0.29	0.27	0.25	0.28	
2015	0.31	0.30	0.53	0.38	0.00				0.27	0.25	0.31	0.28
2016	0.32	0.33	0.30	0.32	0.35	0.29	0.23	0.26				
2017	0.32	0.33	0.30	0.32	0.35	0.29	0.23	0.26	0.28	0.28	0.26	0.29
2018	0.30	0.37	0.35	0.35	0.30	0.23	0.00	0.29	0.31	0.28	0.34	0.39
2019	0.30	0.37	0.35	1.83	0.39	0.30	0.29	0.27	0.27	0.19	0.19	0.28
2020	0.50	0.51	0.34	0.38	0.48	0.29	0.50	0.39	0.28	0.30	0.37	0.51
2021	0.40	0.32	0.32	0.30	0.42	0.34	0.38	0.34	0.33	0.26	0.30	0.30
2022	0.27	0.27	0.34	0.32	0.27	0.32	0.35	0.30	0.33	0.30	0.35	0.30
2023	0.34	0.28	0.32	0.32	0.35	0.43	0.28	0.26	0.35	0.23	0.28	0.25
Rerata	0.31	0.31	0.31	0.46	0.35	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.30	0.32
Q	0.32											

(Sumber: <https://bpusdataru-bs.jatengprov.go.id>)

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata debit pada intake Bendung Brajan sebesar 0.32 m³/dt.

Analisis kebutuhan air irigasi

1. Analisis data klimatologi

Berdasarkan data yang diperoleh dari <https://bpusdataru-bs.jatengprov.go.id> terdapat beberapa pos klimatologi yaitu: Klimatologi Patihan, Klimatologi Waduk Cengklik, Klimatologi Kedungguling, dan Klimatologi Ketro. Analisis stasiun klimatologi yang berdampak pada D. I Brajan dilakukan dengan mencari jarak terpendek menggunakan Google Earth. Temuan dari Google Earth menunjukkan bahwa stasiun terdekat dan berpengaruh adalah stasiun klimatologi Waduk Cengklik dengan jarak 16.36 km yang seperti terlihat pada Gambar 2. Adapun data yang terdapat pada pos klimatologi Waduk Cengklik yaitu: temperatur (°C), kelembaban (%), kecepatan angin (m/dt), lama penirinan matahari (%), dan data hujan (mm).



Gambar 2. Penentuan stasiun klimatologi
(Sumber: Google Earth, 2024)

2. Pola tanam

Berdasarkan data yang di dapat dari BPSDA Bengawan Solo berikut masa pola tanamnya:

- 1) Masa tanam 1 yaitu bulan November sampai Februari dengan tanaman padi
- 2) Masa tanam 2 yaitu bulan Maret sampai Juni dengan tanaman padi
- 3) Masa tanam 3 yaitu bulan Juli sampai Oktober dengan tanaman palawija.

3. Analisis evapotranspirasi

Data klimatologi yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Waduk Cengklik mencakup informasi tentang suhu udara, durasi sinar matahari, tingkat kelembapan, dan kecepatan angin. Data ini terdiri dari data bulanan selama sepuluh tahun (2014 hingga 2023) yang dimanfaatkan sebagai masukan dalam pengolahan data evapotranspirasi. Kemudian data evapotranspirasi dimasukan kedalam *Software Cropwat 8.0* dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan evapotranspirasi menggunakan *software Cropwat 8.0*

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled		Country: Indonesia		Station: Cengklik		
Month	Avg Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	
	°C	%	m/s	%	MJ/m ² /day	
January	27.5	72	3.5	7	9.4	3.59
February	27.5	72	3.5	12	10.9	3.80
March	27.9	63	3.7	14	11.9	4.70
April	28.2	73	3.6	18	12.8	4.13
May	28.4	72	3.5	23	13.5	4.28
June	28.0	72	4.0	23	13.2	4.34
July	27.9	63	5.0	28	14.2	5.52
August	28.4	73	6.9	26	14.1	5.12
September	29.1	71	7.5	25	13.9	5.59
October	29.0	80	7.9	24	13.2	4.42
November	29.0	78	6.4	17	11.2	4.17
December	28.4	82	5.1	10	9.7	3.28
Average	28.3	73	5.0	19	12.3	4.41

Berdasarkan Tabel 4 didapatkan nilai rata-rata temperatur sebesar 28.3°C, rata-rata kelembapan udara sebesar 73%, rata-rata kecepatan angin sebesar 5 m/dt, rata-rata penyinaran matahari sebesar 19%, rata-rata radiasi matahari sebesar 12.3 MJ/m²/hari, dan rata-rata evapotranspirasi (Eto) sebesar 4.41 mm/hari.

4. Analisis data hujan

Data curah hujan diperoleh dari stasiun klimatologi Waduk Cengklik dari tahun 2014 hingga 2023. Setelah itu, data tersebut dilakukan pengujian kepanggahan, dan jika data hujan terbukti akurat, maka bisa langsung digunakan untuk analisis. Dalam konteks ini, curah hujan berperan sebagai hujan efektif yang memberikan pengaruh sebesar 80% untuk padi dan 50% untuk tanaman palawija. Hasil uji kepanggahan data hujan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji kepanggahan data hujan

k	Tahun	ΣP	P-P	$(P-P)^2$	Sk^*	Sk^{**}	$ Sk^{**} $
1	2014	1725	-343.18	117772.51	-343.18	-0.59	0.59
2	2015	1174	-894.18	799557.87	-1237.36	-2.12	2.12
3	2016	2195.3	127.12	16159.49	-1110.24	-1.90	1.90
4	2017	3045	976.82	954177.31	-133.42	-0.23	0.23
5	2018	1579	-489.18	239297.07	-622.60	-1.07	1.07
6	2019	1778	-290.18	84204.43	-912.78	-1.57	1.57
7	2020	1938.5	-129.68	16816.90	-1042.46	-1.79	1.79
8	2021	2865	796.82	634922.11	-245.64	-0.42	0.42
9	2022	2693	624.82	390400.03	379.18	0.65	0.65
10	2023	1689	-379.18	143777.47	0.00	0.00	0.00
Average		2068.18					
Max						2.12	
Min						0.00	

Selanjutnya mencari nilai Q_{kritik} dan R_{kritik} berdasarkan jumlah data (n) sebanyak 10 tahun dan tingkat kepercayaan 95%, sehingga nilai $Q/\sqrt{n} = 1.14$ dan $R/\sqrt{n} = 1.28$. Maka, didapatkan nilai Q_{kritik} dan R_{kritik} sebagai berikut.

$$Q_{kritik} = 1.14 \times \sqrt{10} = 3.60$$

$$R_{kritik} = 1.28 \times \sqrt{10} = 4.05$$

Dengan demikian hasil uji kepanggahan data hujan stasiun Waduk Cengklik adalah konsisten/panggah, karena nilai max $|Sk^{**}| < Q_{kritik}$ ($2.12 < 3.60$) dan max $Sk^{**} - \min Sk^{**} < R_{kritik}$ ($2.12 < 4.05$).

Curah hujan efektif adalah hujan yang jatuh kepermukaan tanah yang diperkirakan 75% dari total curah hujan minimum bulanan dengan periode ulang minimum 10 tahun. Curah hujan efektif digunakan untuk menghitung kebutuhan air irigasi dengan curah hujan setengah bulanan atau 15 harian. Berikut adalah tabel rekapitulasi dari curah hujan andalan 80%, curah hujan andalan 50%, dan rata-rata curah hujan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Curah hujan R80 dan R50

Bulan	Periode	Masa Tanam	KAI (m ³ /dt)	Bulan	Periode	Masa Tanam	KAI (m ³ /dt)
Jan	I	93.20	145.00	Jul	I	0.00	0.00
	II	94.60	200.50		II	0.00	0.00
Feb	I	107.40	161.00	Agt	I	0.00	0.00
	II	77.40	155.00		II	0.00	0.00
Mar	I	108.20	125.50	Sep	I	0.00	0.00
	II	84.20	107.00		II	0.00	28.00
Apr	I	44.00	86.50	Okt	I	0.00	0.00
	II	24.00	86.50		II	0.00	13.00
Mei	I	1.00	56.00	Nov	I	35.20	56.50
	II	0.00	43.00		II	17.00	77.00
Jun	I	0.00	15.00	Des	I	43.20	125.50
	II	0.00	55.00		II	64.60	130.00

Curah hujan efektif dapat diperkirakan sebesar 70% dari curah hujan minimum bulanan dengan periode ulang 10 tahun. R80% padi adalah hujan minimum kemungkinan terpenuhi 80% dengan tingkat resiko kegagalan 20% R50% palawija adalah hujan minimum kemungkinan terpenuhi 50% dengan tingkat resiko kegagalan 50%. Perhitungan hujan efektif padi sebagai berikut:

$$\text{Januari I} = 0.70 \times \frac{R80}{15} \text{ mm}$$

$$= 0.70 \times \frac{93.20}{15} \text{ mm}$$

$$= 4.35 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan curah hujan efektif palawija sebagai berikut:

$$\text{Januari I} = 0.70 \times \frac{R50}{15} \text{ mm}$$

$$= 0.70 \times \frac{145}{15} \text{ mm}$$

$$= 6.77 \text{ mm/hari}$$

Tabel 6. Curah hujan efektif padi dan palawija

Bulan	Periode	Padi 80%	Palawija 50%	Bulan	Periode	Padi 80%	Palawija 50%	Bulan	Periode	Padi 80%	Palawija 50%
Jan	I	4.35	6.77	Mei	I	0.05	2.61	Sep	I	0.00	0.00
	II	4.14	8.77		II	0.00	1.88		II	0.00	1.31
Feb	I	5.01	7.51	Jun	I	0.00	0.70	Okt	I	0.00	0.00
	II	4.17	8.35		II	0.00	2.57		II	0.00	0.57
Mar	I	5.06	5.86	Jul	I	0.00	0.00	Nov	I	1.64	2.64
	II	3.68	4.68		II	0.00	0.00		II	0.79	3.59
Apr	I	2.05	4.04	Agt	I	0.00	0.00	Des	I	2.02	5.86
	II	1.12	4.04		II	0.00	0.00		II	2.82	5.69

5. Analisis kebutuhan tanaman

Analisis kebutuhan tanaman pada D.I Brajan meliputi kebutuhan air penyiapan lahan I kebutuhan air untuk masa tanam I padi, kebutuhan air penyiapan lahan II, kebutuhan air untuk masa tanam II padi, kebutuhan air penyiapan lahan III, dan kebutuhan air untuk masa tanam III palawija.

Persiapan lahan masa tanam I dimulai pada bulan November periode I dengan nilai Eto 4.17 mm/hari dengan tebal penjenuhan (s) 250 mm nilai perlakuan sebesar 2 mm/hari dan lama penyiapan lahan (T) 30 hari.

Masa tanam I dilakukan setelah persiapan lahan selesai selama 1 bulan, masa tanam I dimulai bulan Desember dengan nilai ETo 3.28 mm/hari, Hujan efektif 2.02 mm/hari perlakuan 2 mm/hari, WRL yang dipakai 1.7 mm/hari (berdasarkan buku kriteria Perencanaan irigasi KP-01 hal 170), dan koefesien tanaman menggunakan FAO dengan vareitas unggul.

Tabel 7. Masa tanam I padi

No	Uraian	Satuan	Masa Tanam Padi									
			Nov		Des		Jan		Feb			
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Evapotranspirasi (Eto)	mm/hari	4.17	4.17	3.28	3.28	3.59	3.59	3.80	3.80		
2	Koef. Tanaman (Kc)		0.00	0.00	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.95		
3	Keb. Air Konsumtif	mm/hari	0.00	0.00	3.61	3.61	3.77	3.77	3.61	3.61	0.00	
	Etc = Eto*Kc											
	Eo = 1.1 * Eto		4.59	4.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
4	Perkolasi	mm/hari	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
	Keb. Air Penyiapan Lahan											
	M = Eo + P		6.59	6.59	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
	k = M * (T/S)		0.79	0.79	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24		
5	a = e ^k	mm/hari	2.20	2.20	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	
	b = e ^k * 1		1.20	1.20	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	
	a/b		1.83	1.83	4.69	4.69	4.69	4.69	4.69	4.69	4.69	
	IR		12.06	12.06	9.37	9.37	9.37	9.37	9.37	9.37	9.37	
	Penggantian Lap. Air (RW)	mm/hari	0.00	0.00	1.70	1.70	1.70	1.70	0.00	0.00		
7	Keb. Air Bruto	mm/hari	6.59	6.59	7.31	7.31	7.47	7.47	5.61	5.61	2.00	
8	Hujan Eff (KP 01)	mm/hari	1.64	1.79	2.02	2.82	4.35	4.14	5.01	4.17		
9	Keb. Air Netto (KP 01)	mm/hari	4.94	5.79	5.29	4.49	3.12	3.33	0.60	0.00		
10	Konversi satuan	ltr/dt/ha	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	
11	Keb. Air Netto (KP 01)	ltr/dt/ha	0.57	0.67	0.61	0.52	0.36	0.39	0.07	0.00		
12	Keb. Air Intake (KP 01)	ltr/dt/ha	1.04	1.22	1.11	0.94	0.66	0.70	0.13	0.00		
13	Luas Areal Irigasi	ha	137	137	137	137	137	137	137	137	137	
14	KAI (KP 01)	ltr/dt	142.49	166.97	152.51	129.42	89.92	95.99	17.23	0.00		
15	KAI (KP 01)	m ³ /dt	0.14	0.17	0.15	0.13	0.09	0.10	0.02	0.00		
Debit maksimum saluran			= 0.24 Pada bulan mei II									

Persiapan lahan masa tanam II dimulai pada bulan Maret periode I dengan nilai Eto 4.70 mm/hari dengan tebal penjenuhan (s) 250 mm nilai perlakuan sebesar 2 mm/hari dan lama penyiapan lahan (T) 30 hari.

Masa tanam II dimulai bulan April dengan nilai ETo 4.13 mm/hari, Hujan efektif 2.05 mm/hari, perlakuan 2mm/hari, WRL yang dipakai 1.7 mm/hari (berdasarkan buku kriteria Perencanaan irigasi KP-01 hal 170), dan koefesien tanaman menggunakan FAO dengan vareitas unggul.

Tabel 8. Masa tanam II padi

No	Uraian	Satuan	Masa Tanam Padi									
			Mar		Apr		Mei		Jun			
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Evapotranspirasi (Eto)	mm/hari	4.70	4.70	4.13	4.13	4.28	4.28	4.34	4.34		
2	Koef. Tanaman (Kc)		0.00	0.00	1.10	1.10	1.05	1.05	0.95	0.95		
3	Keb. Air Konsumtif	mm/hari	0.00	0.00	4.54	4.54	4.49	4.49	4.12	0.00		
	Etc = Eto*Kc		5.17	5.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
4	Perkolasi	mm/hari	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
	Keb. Air Penyiapan Lahan											
	M = Eo + P		7.17	7.17	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
	k = M * (T/S)		0.86	0.86	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24		
5	a = e ^k	mm/hari	2.36	2.36	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	
	b = e ^k * 1		1.36	1.36	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	
	a/b		1.73	1.73	4.69	4.69	4.69	4.69	4.69	4.69	4.69	
	IR		12.43	12.43	9.37	9.37	9.37	9.37	9.37	9.37	9.37	
	Penggantian Lap. Air (RW)	mm/hari	0.00	0.00	1.70	1.70	1.70	1.70	0.00	0.00		
7	Keb. Air Bruto	mm/hari	7.17	7.17	8.24	8.24	8.19	8.19	6.12	2.00		
8	Hujan Eff (KP 01)	mm/hari	5.06	3.68	2.05	1.12	0.05	0.00	0.00	0.00		
9	Keb. Air Netto (KP 01)	mm/hari	2.11	3.49	6.19	7.12	8.15	8.19	6.12	2.00		
10	Konversi satuan	ltr/dt/ha	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	
11	Keb. Air Netto (KP 01)	ltr/dt/ha	0.24	0.40	0.72	0.82	0.94	0.95	0.71	0.23		
12	Keb. Air Intake (KP 01)	ltr/dt/ha	0.44	0.73	1.30	1.50	1.71	1.72	1.29	0.42		
13	Luas Areal Irigasi	ha	137	137	137	137	137	137	137	137	137	
14	KAI (KP 01)	ltr/dt	60.85	100.47	178.39	205.28	234.80	236.15	176.46	57.64		
15	KAI (KP 01)	m ³ /dt	0.06	0.10	0.18	0.21	0.23	0.24	0.18	0.06		

Masa tanam III adalah tanaman Palawija, masa tanam III dimulai pada bulan Juli II dengan ETo 5.52 mm/hari dan hujan efektif Palawija 00.00 mm/hari.

Tabel 9. Masa tanam III palawija

No	Uraian	Satuan	Masa Tanam Palawija									
			Jul		Agu		Sep		Okt			
			1 PL	2 PL	1 III	2 III	1 III	2 III	1 III	2 III	1 III	2 III
1	Evapotranspirasi (Eto)	mm/hari	5.52	5.52	5.12	5.12	5.59	5.59	4.42	4.42		
2	Koef. Tanaman (Kc)		0.00	0.50	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95	0.00		
3	Keb. Air Konsumtif	mm/hari	0.00	2.76	3.02	4.92	5.87	5.70	4.20	0.00		
	Etc = Eto * Kc											
	Eo = 1.1 * Eto											
4	Perkolasi	mm/hari	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		
	Keb. Air Penyiajan Lahan											
	M = Eo + P		8.07	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	6.86	
	k = M * (T/S)		2.42	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	2.06	
5	a = e ^k	mm/hari	11.26	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	7.83	
	b = e ^k * 1		10.26	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	6.83	
	a/b		1.10	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	1.15	
	IR		8.86	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	4.43	7.87	
6	Penggantian Lap. Air (RW)	mm/hari	0.00	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	0.00	0.00		
7	Keb. Air Bruto	mm/hari	8.07	4.76	5.02	6.92	7.87	7.70	6.20	6.86		
8	Hujan Eff (KP 01)	mm/hari	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	
9	Keb. Air Netto (KP 01)	mm/hari	8.07	4.76	5.02	6.92	7.87	6.39	6.20	6.29		
10	Konversi satuan	ltr/dt/ha	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	
	Keb. Air Netto (KP 01)	ltr/dt/ha	0.93	0.55	0.58	0.80	0.91	0.74	0.72	0.73		
11	Efisiensi Irrigasi (IE)	%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	55%	
12	Keb. Air Intake (KP 01)	ltr/dt/ha	1.70	1.00	1.06	1.45	1.66	1.34	1.30	1.32		
13	Luas Areal Irrigasi	ha	137	137	137	137	137	137	137	137	137	
14	KAI (KP 01)	ltr/dt	232.63	137.18	144.70	199.29	226.80	184.21	178.65	181.33		
15	KAI (KP 01)	m ³ /dt	0.23	0.14	0.14	0.20	0.23	0.18	0.18	0.18		

6. Analisis kebutuhan air irigasi (KAI)

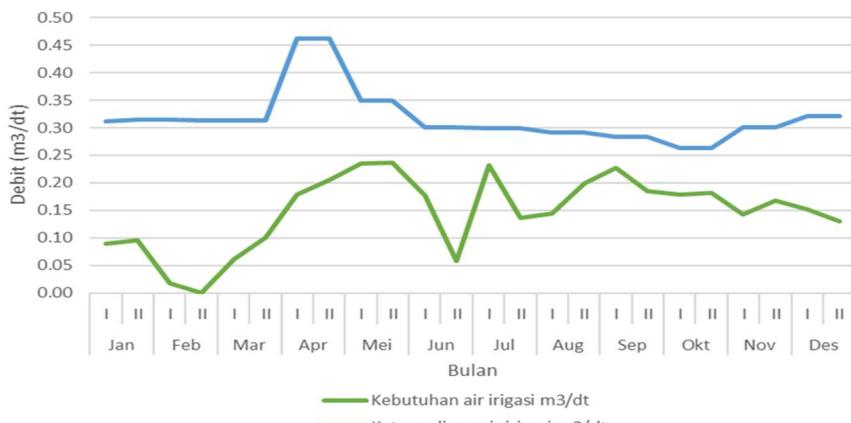
Berdasarkan data pola tanam yang diperoleh dari BPUSDA Bengawan solo untuk awal tanam dilakukan pada bulan November dengan dengan pola tanam Padi-Padi-Palawija. dan luas area lahan sebesar 137 ha. Untuk hasil perhitungan KAI dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kebutuhan air irigasi (KAI)

Bulan	Periode	Masa Tanam	KAI (m ³ /dt)	Bulan	Periode	Masa Tanam	KAI (m ³ /dt)
Jan	I	Padi	0.09	Jul	I	PL	0.23
	II	Padi	0.10		II	Palawija	0.14
Feb	I	Padi	0.02	Agt	I	Palawija	0.14
	II	Panen	0.00		II	Palawija	0.20
Mar	I	PL	0.06	Sep	I	Palawija	0.23
	II	PL	0.10		II	Palawija	0.18
Apr	I	Padi	0.18	Okt	I	Palawija	0.18
	II	Padi	0.21		II	Pengeringan	0.18
Mei	I	Padi	0.23	Nov	I	PL	0.14
	II	Padi	0.24		II	PL	0.17
Jun	I	Padi	0.18	Des	I	Padi	0.15
	II	Panen	0.06		II	Padi	0.13

Analisis keseimbangan air irigasi

Keseimbangan air irigasi merupakan perbandingan antara kebutuhan air dan ketersediaan air. Apabila kebutuhan air lebih besar dari ketersediaan air maka di anggap kebutuhan air tidak tercukupi, dan apabila kebutuhan air lebih kecil maka dianggap kebutuhan air irigasi tercukupi. Untuk grafik perhitungan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik keseimbangan air irigasi

Berdasarkan analisis keseimbangan air pada tabel diatas didapatkan hasil berupa;

1. Kebutuhan air irigasi pada semua bulan tercukupi.
2. Didapatkan persentase tercukupi kebutuhan air irigasi sebesar 100% dari hasil $24/24 \times 100\%$ dan kekurangan air irigasi sebesar 0.00 %. Dari hasil $0/24 \times 100\%$, maka dari data diatas dapat disimpulkan bahwa D.I Brajan cukup air.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Jaringan D.I Brajan masih dalam kondisi baik, meskipun ada beberapa kondisi saluran yang kurang dirawat, seperti tanggul yang rusak, saluran yang dipenuhi oleh sampah, dan sedimentasi pada beberapa aliran irigasi.
2. Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi maksimum adalah $0.24 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada bulan Mei II masa tanam padi II.
3. Ketersediaan air pada D.I Brajan cukup air dengan kebutuhan air terpenuhi 100% dan tidak ada kekurangan air sama sekali.

Adapun saran-saran dalam penelitian ini antara lain :

1. Diperlukan upaya perbaikan irigasi pada saluran-saluran yang rusak karena kondisi tersebut dapat menyebabkan hilangnya air akibat rembesan atau kebocoran.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menganalisis kebutuhan air untuk tanaman tebu dan tembakau.

DAFTAR PUSTAKA

- Bayu Septian Erfandi, Totok Hari Dewanto, & Eti Kurniati. (2021). Analisis Kebutuhan Air Irigasi Untuk Pertanian Di Desa Sampe kecamatan Rhee. *Jurnal Teknik & Sains*, 43-53.
- Erni Mulyandari, & Suryo Handoyo. (2021). Analisis Imbang Air Pada Daerah Irigasi Jetu Kabupaten Karanganyar. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia p-ISSN: 2541-0849, 4094-4106*.
- Fitriansyah, Elva Shanty Widuri, & Eriza Islakul Ulmi. (2020). Analisa Kebutuhan Air Irigasi Untuk Tanaman Padi Dan Palawija Pada Daerah Irigasi Rawa (Dir) Danda Besar Kabupaten Barito Kuala. *MEDIA ILMIAH TEKNIK SIPIL*, 08, 79-87.
- Izdihar, E., H. M., & Suyantoh, H. (2022). Erisa Izdihar Balqis, Analisis Kebutuhan Air Irigasi pada Daerah Irigasi Di Kecamatan Dusun Tengah Kabupaten Barito Timur. *Jurnal TRANSUKMA Volume 04 Nomor 02 Bulan Juni 2022, 04, 124-137*.
- Kementerian PUPR. (2019). *Modul pengenalan sistem irigasi*. Retrieved from Kementerian PUPR: https://simantu.pu.go.id/epel/edok/0ab95_Modul_Pengenalan_Sistem_Irigasi.pdf
- Khoirul Mahfudi, Erni Mulyandari, & Gatot Nursetyo. (2023). Analisis Im Bangan Air Pada Daerah Irigasi Ngasem Kecamatan Colomadu Karanganyar. *Journal Of Civil Engineering And Infrastructure Technology Vol. X*.
- LSM-SPADA Indonesia. (2019). *Evapotranspirasi*. Retrieved from lsm-psda indonesia: https://lmsspada.kemdikbud.go.id/pluginfile.php/124270/mod_resource/content/1/4%20Evapotranspirasi.pdf
- Priyonugroho, A. (2014). Analisis Kebutuhan Air Irigasi(Studi Kasus Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 02, 457-470.
- Rahma R. (2021). *Pengertian Irigasi: Jaringan, Jenis, Tujuan, dan Manfaatnya*. Retrieved from Gramedia Blog: <https://www.gramedia.com/literasi/pengertian-irigasi/>
- Viralsia Ivana Kudimalang Liany A.Hendratta, & Eveline M.Wuislan. (2015). Analisis Ketersediaan Air Sungai Talawaan Untuk Kebutuhan Irigasi Di Daerah Irigasi Talawaan Meras Dan Talawaan Atas. *TEKNO Vol.13/No.64/Desember 2015*, 48-62.