



Studi Keseimbangan Air Waduk Rajui Di Kabupaten Pidie

Rijal Husaini¹ Ichsan Syahputra*¹ Muhammad Zardi¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, 23372, Indonesia.

*Email korespondensi: ichsan.syahputra76@gmail.com

Diterima Maret 2022; Disetujui Juni 2022; Dipublikasi Juli 2022

Abstract: Construction of a reservoir can be used to store water when it is in excess and reused when it is needed. This reservoir water balance study will be tested on the Rajui Reservoir located in Padang Tiji District, Pidie Regency. The objectives of the study are: 1) To determine the availability of the mainstay discharge of the Rajui Reservoir to meet irrigation needs in the Rajui irrigation area; 2) Knowing the maximum yield (optimization) of the water balance of the Rajui Reservoir that can be used for irrigation water purposes in the service area of the Rajui Reservoir. The scope of the study includes hydrological analysis and reservoir storage capacity analysis. In analyzing the hydrology to obtain the evaporation and evapotranspiration values using the Modified Penman method with climatological data from 2010 – 2020, the maximum evaporation was 179.65 mm/month, the minimum was 64.94 mm/month, while the maximum evapotranspiration was 140.74 mm/month, the minimum was 100.50 mm/month. In determining the monthly average discharge using the Mock method, the maximum monthly average discharge occurred in 2014 of 3.00 m³/s. Based on 80% fulfilled the monthly average discharge, it is known that the minimum reliable discharge occurs in June at 0.15 m³/s and the maximum in November at 1.32 m³/s. Based on the calculation of the water balance, it shows that the largest debit that entered the Rajui Reservoir occurred in 2014 in December, which was 3.00 m³/s with a water demand of 0.31 m³/s so that the ratio of the debits became a surplus of 2.69 m³/s, and the smallest discharge that entered the reservoir. The Rajui Reservoir occurred in June 2011 which was 0.11 m³/s with a water demand of 0.62 m³/s so that the ratio of the discharge was negative 0.51 m³/s. Based on the results of the reservoir analysis capacity, the normal water level (MAN) for the reservoir effective capacity is at an elevation of +88.56 with an inundation area of 102,200 m² and a reservoir storage capacity of 2,159,847 m³. The low water level (MAR) of the reservoir dead capacity is at an elevation of +56.89 with an inundation area of 23,800 m² and a reservoir storage capacity of 174,057 m³. The maximum capacity of water contained in the reservoir based on the Ripple Mass Curve is 7,106,599 m³.

Keywords : *Monthly average discharge, reliable discharge, water balance, reservoir capacity, Ripple Mass Curve*

Abstrak: Pembangunan sebuah waduk dapat digunakan untuk menyimpan air pada waktu kelebihan dan dipergunakan kembali pada waktu yang diperlukan. Studi keseimbangan air waduk ini akan diuji coba pada Waduk Rajui yang terletak di Kecamatan Padang Tiji, Kabupaten Pidie. Tujuan studi adalah :1) Mengetahui ketersediaan debit andalan Waduk Rajui untuk memenuhi kebutuhan irigasi di daerah irigasi Rajui; 2) Mengetahui hasil maksimum (optimasi) keseimbangan air Waduk Rajui yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan air irigasi pada daerah layanan Waduk Rajui. Ruang lingkup studi meliputi analisa hidrologi dan analisa kapasitas tampungan waduk. Dalam menganalisis hidrologi untuk mendapatkan nilai evaporasi dan evapotranspirasi menggunakan metode Penman Modifikasi dengan data klimatologi dari 2010 – 2020 diperoleh evaporasi maksimum sebesar 179.65 mm/bulan minimum sebesar 64.94 mm/bulan sedangkan evapotranspirasi maksimum sebesar 140.74 mm/bulan minimum sebesar 100.50 mm/bulan. Dalam menentukan debit rata-rata bulanan menggunakan metode Mock diperoleh debit rata-rata bulanan maksimum terjadi tahun 2014 sebesar

3.00 m³/s. Berdasarkan 80% terpenuhi debit rata-rata bulanan diketahui debit andalan minimum terjadi pada bulan Juni sebesar 0.15 m³/s dan maksimum pada bulan November sebesar 1.32 m³/s. Berdasarkan perhitungan neraca air memperlihatkan debit terbesar yang masuk ke Waduk Rajui terjadi pada tahun 2014 bulan Desember yaitu sebesar 3.00 m³/s dengan kebutuhan air 0,31 m³/s sehingga perbandingan debit menjadi surplus 2.69 m³/s, dan debit terkecil yang masuk ke Waduk Rajui terjadi pada tahun 2011 bulan Juni yaitu sebesar 0.11 m³/s dengan kebutuhan air 0.62 m³/s sehingga perbandingan debit menjadi negatif 0.51 m³/s. Berdasarkan hasil analisa kapasitas waduk menunjukkan muka air normal (MAN) tampungan efektif yaitu pada elevasi +88,56 dengan luas genangan 102,200 m² dan kapasitas tampungan sebesar 2,159,847 m³. Muka air rendah (MAR) tampungan mati yaitu pada elevasi +56.89 dengan luas genangan 23,800 m² dan kapasitas tampungan sebesar 174,057 m³. Kapasitas tampungan maksimum yang terdapat pada waduk berdasarkan Kurva Massa Ripple (*Ripple Mass Curve*) adalah sebesar 7,106,599 m³.

Kata kunci : Debit rerata bulanan, debit andalan, neraca air, kapasitas waduk, *Ripple Mass Curve*

Kabupaten Pidie salah satu ibukota kabupaten di Provinsi Aceh dan merupakan daerah yang memiliki potensi untuk pengembangan areal pertanian, dan peningkatan status dari areal pertanian tadah hujan menjadi areal pertanian yang beririgasi teknis terutama untuk tanaman padi. Potensi tersebut dapat dikembangkan dengan tersedianya prasarana sumber daya air yang memadai. Hal ini dapat dilakukan dengan cara membangun baru ataupun meningkatkan dan pemeliharaan prasarana yang telah ada.

Kebutuhan air merupakan daya faktor determinan yang menentukan kinerja sektor pertanian, karena tidak ada satupun tanaman pertanian yang tidak membutuhkan air. Secara kuantitas, permasalahan air bagi pertanian terutama di lahan kering adalah persoalan ketidaksesuaian air antara kebutuhan dan pasokan menurut waktu dan tempat. Persoalan ini menjadi semakin kompleks, rumit dan sulit diprediksi karena pasokan air terganggu dari sebaran curah hujan di sepanjang tahun yang sebenarnya tidak merata walau di musim penghujan sekalipun.

Waduk Rajui dibangun bertujuan untuk menampung air dari limpasan daerah aliran sungai pada musim penghujan, dan dimanfaatkan pada musim kemarau untuk berbagai keperluan baik di bidang pertanian maupun kepentingan masyarakat banyak seperti untuk kebutuhan air bersih. Sumber air waduk Rajui berasal dari Krueng Rajui dan Alur Tanjung. Secara administrasi, Waduk Rajui terletak di Kecamatan Padang Tiji, Kabupaten Pidie. Areal potensial pada lokasi Waduk Rajui 1,000 Ha berupa sawah tadah hujan dengan pola tanam eksisting (sebelum ada waduk) padi – palawija, dengan intensitas tanam baku 100%. Dengan ada waduk diharapkan dapat meningkatkan intensitas tanam dari kondisi eksisting. Waduk Rajui memiliki tipe bendungan urugan homogen dengan debit pengambilan sebesar 2.00 m³/detik. Berdasarkan perhitungan dari data topografi permukaan genangan normal waduk pada elevasi +88.56 m dengan luas genangan 102,200 m². Waduk Rajui memiliki kapasitas tampungan total sebesar 2,333,904 m³ dan tampungan efektif sebesar 2,159,847 m³.

KAJIAN PUSTAKA

Definisi Waduk

Waduk adalah tampungan yang berfungsi untuk penyimpanan air pada waktu kelebihan dan dipergunakan kembali pada waktu yang diperlukan. Usaha pengaturan air keluar dan air masuk pada waduk disebut manajemen air (*water management*). Air yang diatur adalah air hujan atau sungai yang ditampung di waduk, sehingga air dapat disediakan dalam waktu atau tempat yang tepat dalam jumlah yang diperlukan (Permatasari, 2008).

Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang mempelajari tentang kondisi air di bumi baik mengenai terjadinya, peredarannya, penyebarannya, sifat-sifatnya, dan hubungannya dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2010). Analisa hidrologi diperlukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi dan klimatologi guna mendapatkan debit rata-rata bulanan sungai yang akan digunakan untuk perhitungan kapasitas tampungan waduk. Lingkup analisa hidrologi meliputi analisa curah hujan rata-rata, analisa evapotranspirasi, debit rata-rata bulanan, debit andalan, neraca air waduk, dan simulasi kapasitas tampungan waduk.

Klimatologi

Menurut Bayong Tjasyono HK (2004) klimatologi adalah ilmu yang menjelaskan sifat iklim, mengapa iklim di berbagai tempat di bumi berbeda, dan bagaimana hubungan antara iklim dengan aktifitas manusia. Definisi lain dari klimatologi adalah ilmu yang mempelajari jenis iklim di muka bumi dan faktor-faktor penyebabnya.

Evaporasi

Evaporasi merupakan peristiwa berubahnya air menjadi uap dan bergerak dari permukaan tanah dan permukaan air ke udara (Sosrodarsono, 1976). Faktor meteorologi yang mempengaruhi besarnya evaporasi adalah sebagai berikut (Soemarto, 1986):

1. Radiasi matahari.
2. Angin.
3. Kelembaban (*humiditas*) relatif.
4. Suhu (*temperatur*).

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung evaporasi adalah metode Penman Modifikasi (FAO) yang diuraikan dalam persamaan berikut ini.

$$E = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot R_n + \gamma f(u)(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma} \quad (1)$$

$$\Delta = \frac{4098 \cdot e_a}{(237,3 + T)^2} \quad (2)$$

$$\Gamma = \frac{C_p \cdot 101,3 \cdot 10^3}{0,622 \cdot L_v} \quad (3)$$

Dimana:

E = Evaporasi (mm/hari)

Δ = Gradien tekanan uap jenuh terhadap temperatur (kPa/°C)

R_n = Radiasi netto (mm/hari)

γ = Konstanta psikrometrik (kPa/°C)

f(u) = Fungsi kecepatan angin
 ea = Tekanan uap udara (mbar)
 ed = Tekanan uap jenuh (mbar)
 Cp = Panas spesifik udara pada tekanan konstan
 (1005 J/kg.K)
 Lv = Panas laten untuk penguapan (J/kg)

Evapotranspirasi

Kartasapoetra, Sutejo dan Pollein (1991) menyebutkan bahwa evapotranspirasi merupakan kehilangan air melalui proses penguapan dari tumbuh-tumbuhan, yang banyaknya berbeda-beda tergantung dari kadar dan kelembaban tanah dan jenis tumbuhan. Jika air yang tersedia dalam tanah cukup banyak maka evapotranspirasi disebut evapotranspirasi potensial. Menurut Sudjarwadi (1979) besarnya evapotranspirasi potensial (ET_0) yang terjadi dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologi yaitu temperatur udara, kecepatan angin, dan penyinaran matahari. Metode yang digunakan untuk menghitung besaran ET_0 adalah metode Penman Modifikasi (FAO) dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$ET_0 = c[w.Rn + (1 - w) f(u) (ea - ed)] \quad (4)$$

$$f(u) = 0,27 \times (1 + u/100) \quad (5)$$

$$R_s = (0,25 + 0,50 \times n/N) \times R_a \quad (6)$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) \times R_a \quad (7)$$

$$R_{n1} = f(t) \times f(ed) \times f(n/N) \quad (8)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{n1} \quad (9)$$

$$E_d = ea \times Rh/100 \quad (10)$$

Dimana:

ET_0 = Evapotranspirasi potensial tanaman acuan (mm/hari)
 C = Faktor pengaruh perbedaan kecepatan angin antara siang dan malam hari
 w = Faktor pembobot
 Rn = Radiasi netto (mm/hari)
 f(u) = Faktor kecepatan angin (km/hari)
 ea = Tekanan uap udara (mbar)
 ed = Tekanan uap jenuh (mbar)
 Rs = Radiasi matahari yang sampai ke bumi (mm/hari)
 Ra = Radiasi yang sampai pada lapisan atas atmosfer (mm/hari)
 Rns = Radiasi bersih matahari gelombang pendek (mm/hari)
 Rn1 = Radiasi bersih matahari gelombang panjang (mm/hari)
 n/N = Perbandingan jam cerah aktual dengan teoritis
 α = Persentase radiasi yang dipantulkan, $\alpha = 0,25$

Debit Rata-Rata Bulanan Sungai

Menurut Anonim (1986), Metode Mock merupakan metode yang digunakan untuk menghitung debit rata-rata bulanan sungai berdasarkan keseimbangan air yang menjelaskan hubungan *runoff* dengan curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembaban tanah dan penyimpanan air dalam tanah dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$\Delta E = ET_0 \times m/20 \times (18-n) \quad (11)$$

$$E = ET_0 - \Delta E \quad (12)$$

$$SMS = ISM + Re - E \quad (13)$$

$$WS = ISM + Re - E - SMS \quad (14)$$

$$Inf = W_s \times IF \quad (15)$$

$$G.STOR_t = G.STOR_{(t-1)} \times RC + [(1 + RC)/2] \times Inf \quad (16)$$

$$Q_{base} = Inf - G.STOR_t + G.STOR_{(t-1)} \quad (17)$$

$$Q_{direct} = WS \times (1 - IF) \quad (18)$$

$$Q_{\text{storm}} = RE \times P \quad (19)$$

(Q_{storm} hanya dihitung bila $WS = 0$)

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{base}} + Q_{\text{direct}} + Q_{\text{storm}} \quad (20)$$

$$Q_s = Q_{\text{total}} \times A \quad (21)$$

Dimana:

ΔE = Selisih antara evapotranspirasi potensial dan aktual (mm/bulan)

E = Evapotranspirasi aktual (mm/bulan)

ET_0 = Evapotranspirasi potensial (mm/bulan)

M = Perbandingan permukaan yang tidak tertutup dengan tumbuhan hijau

n = Jumlah hari hujan

ISM = Kelembaban tanah awal = 200 (mm/bulan)

SMS = Penyimpanan kelembaban tanah

Re = Curah hujan bulanan (mm/bulan)

WS = *Water surplus* (mm/bulan)

Inf = Infiltrasi (mm/bulan)

RC = Konstanta pengurangan aliran = 0,60

$G.STOR_t$ = Daya tampung air tanah pada awal bulan (mm/bulan)

$G.STOR_{(t-1)}$ = Daya tampung air tanah pada akhir bulan (mm/bulan)

Q_{base} = Besar limpasan dasar (mm/bulan)

Q_{direct} = Besar limpasan permukaan (mm/bulan)

Q_{storm} = Besar limpasan hujan sesaat (mm/bulan)

Q_{total} = Besar limpasan (mm/bulan)

PF = Faktor persentase

A = Luas DAS (km²)

Debit andalan setiap bulannya dengan probabilitas terpenuhi sebesar 80% dihitung menggunakan metode Weibul dengan persamaan berikut ini.

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (22)$$

Dimana:

P = Probabilitas (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

Neraca Air Waduk

Proses siklus air pada suatu daerah untuk periode tertentu terdapat hubungan keseimbangan antara aliran masuk (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*). Hubungan antara ketersediaan air untuk berbagai macam sektor

harus terjadi keseimbangan, hubungan keseimbangan disebut “Neraca kebutuhan dan ketersediaan air” sering disebut juga *water balance*.

Untuk menghitung neraca ketersediaan dan kebutuhan air menggunakan persamaan berikut ini.

$$I = O \pm \Delta S \quad (23)$$

$$Q_{\text{ketersediaan}} - Q_{\text{kebutuhan}} = \Delta S \quad (24)$$

Dimana:

I = Masukan (*inflow*)

O = Keluaran (*outflow*)

ΔS = Perubahan tampungan/perubahan kuantitas air (m³/detik)

$Q_{\text{ketersediaan}}$ = Total ketersediaan debit (m³/detik)

$Q_{\text{kebutuhan}}$ = Total kebutuhan debit (m³/detik)

Simulasi Kapasitas Tampungan

Fungsi utama dari waduk adalah untuk menyediakan simpanan (tampungan), maka ciri fisiknya yang paling penting adalah kapasitas simpanan. Permukaan genangan normal adalah elevasi maksimum yang dicapai oleh kenaikan permukaan waduk pada kondisi operasi biasa. Permukaan genangan minimum adalah elevasi terendah yang dapat diperoleh bila genangan dilepaskan pada kondisi normal. Volume simpanan yang terletak antara permukaan genangan minimum dan normal disebut simpanan berguna. Air yang ditahan di bawah disebut simpanan mati. Simulasi kecukupan air waduk terhadap pemberian air irigasi merupakan salah satu upaya yang akan digunakan dalam optimasi pengoperasian waduk. Berdasarkan elevasi muka air waduk minimum dan volumenya tersebut dilakukan

perhitungan untuk mencari elevasi muka air waduk setiap akhir bulan dan berurutan.

Adapun Kapasitas tampungan waduk dapat dihitung berdasarkan metode kerucut dengan persamaan berikut ini (SetoSugianto Prabowo Raharjo, 2015).

$$\Delta V_{12} = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \quad (25)$$

Dimana:

ΔV_{12} = Volume antara elevasi ke 1 dan elevasi ke 2

A_1 = Luas areal elevasi ke 1

A_2 = Luas areal elevasi ke 2

h = Jarak interval kontur (elevasi ke 2-elevasi ke 1)

Kurva Massa (*Ripple Mass Curve*)

Metode ini pertama kali dikemukakan Ripple (1883) untuk menghitung besarnya kapasitas tampung *reservoir* yang memadai pada saat tingkat kebutuhan air tertentu. Kurva masa adalah garis yang memperlihatkan debit aliran pada waktu tertentu, dengan asumsi ketika komulatif *draft* lebih besar dari komulatif *inflow* maka waduk tidak dapat melayani kebutuhan (Linsley, 1989). Dalam perhitungan kapasitas waduk menggunakan metode *Ripple Mass Curve* dengan persamaan berikut ini.

$$Z = (\text{Qin} - \text{Qout}) + \text{Kapasitas tertampung} \\ \text{bulan 1,2,3,4} \quad (26)$$

Dimana:

Q_{in} = Hujan rata-rata + debit *inflow* (m^3)

Q_{out} = Debit *outflow* + evaporasi + *draft* kebutuhan (m^3)

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah untuk analisis yang dilakukan dalam kajian ini:

1. Survei pendahuluan untuk mengenal dan mengidentifikasi permasalahan di lapangan sehingga dapat mengambil langkah-langkah selanjutnya.
2. Melakukan studi pustaka yang berasal dari *textbook*, jurnal, dan catatan kuliah sebagai bahan acuan agar dapat melaksanakan tugas akhir dengan baik sesuai tahapannya.
3. Pengumpulan data primer yaitu berupa data topografi daerah penelitian yang diperoleh menggunakan Google Earth Pro 2021.
4. Pengumpulan data sekunder berupa peta lokasi daerah studi, peta ikhtisar daerah irigasi, peta DAS dan data teknis waduk diperoleh dari BWS Sumatera I Banda Aceh, dan data sekunder berupa data hidrologi dan klimatologi diperoleh dari BMKG Indrapuri Aceh Besar.

Evaporasi

Menghitung evaporasi dalam sebuah waduk itu perlu dilakukan karena dipengaruhi oleh faktor cuaca sehingga terjadi penguapan. Perhitungan evaporasi yang terjadi pada daerah studi menggunakan metode Penman Modifikasi.

Evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi dengan metode Penman Modifikasi, metode yang bervariasi tergantung dari temperatur, lama penyinaran matahari, kelembapan relatif, dan kecepatan angin.

Debit Rata-Rata Bulanan Sungai

Debit rata-rata bulanan sungai dihitung dengan metode Mock dimana luas DAS Krueng Rajui 33 km² dan luas DAS Alue Tanjung 1.98 km², sehingga total luas DAS menjadi 34.98 km². Perhitungan debit andalan adalah berdasarkan 80% terpenuhi debit rata-rata bulanan sungai dengan kemungkinan kegagalan 20%. Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah data curah hujan dari stasiun klimatologi Indrapuri dari tahun 2010 – 2020.

Neraca Air Waduk

Perhitungan neraca air waduk adalah membandingkan kebutuhan air (*outflow*) dengan ketersediaan air (*inflow*) daerah studi, untuk mengetahui bagaimana keseimbangan air yang terjadi berdasarkan kebutuhan air dari hasil optimasi.

Simulasi Kapasitas Tampungan

Perhitungan kapasitas tampungan waduk menggunakan metode kerucut dengan luas genangan berdasarkan data topografi. Kemudian diplot kurva lengkung kapasitas untuk mencari elevasi kapasitas tampungan efektif dan kapasitas tampungan mati sesuai data topografi yang diperoleh menggunakan koordinat dari Google Earth Pro 2021.

Kurva Massa (*Ripple Mass Curve*)

Perhitungan kapasitas waduk dengan metode Ripple digunakan untuk menghitung besarnya kapasitas tampung *reservoir* yang memadai pada tingkat kebutuhan air tertentu.

Data yang digunakan adalah dari data mingguan debit *inflow* dan debit kebutuhan diolah menjadi data bulanan dan diubah menjadi data volume. Data volume kemudian diolah menjadi volume kumulatif *inflow* dan volume kumulatif *demand*. Data kebutuhan air irigasi dan air baku (*outflow*) berdasarkan data dari BWS Sumatera I. Kemudian untuk menghitung jumlah kebutuhan air selama satu tahun dengan cara interpolasi, dimana tinggi kebutuhan air dikalikan dengan nilai dimana posisi tinggi kebutuhan air berada dan dibagikan dengan tinggi volume kumulatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaporasi

Evaporasi yang terjadi dihitung dengan metode Penman Modifikasi, dimana air yang ada dalam waduk menghilang akibat evaporasi yang dapat mengurangi volume air yang tertampung dalam suatu waduk.

Tabel 1. Evaporasi

Periode	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Bulanan	100,04	105,50	106,08	83,75	91,36	152,67	179,65	167,48	125,30	103,26	64,94	78,19
Harian	3,23	3,77	3,42	2,79	2,95	5,09	5,80	5,40	4,18	3,33	2,16	2,52

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui nilai evaporasi maksimum terjadi pada bulan Juli sebesar 179.65 mm/bulan dengan evaporasi harian 5.80 mm/hari, dan evaporasi minimum terjadi pada bulan November sebesar 64.94 mm/bulan dengan evaporasi harian 2.16 mm/hari.

Evapotranspirasi

Besaran evapotranspirasi yang terjadi dihitung dengan menggunakan metode Penman

Modifikasi, yang mana harga ETo mengacu pada tanaman acuan, yaitu rerumputan pendek.

Tabel 2. Evapotranspirasi (mm)

Periode	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
Bulanan	119,66	122,36	135,47	122,70	120,28	132,60	140,74	140,12	119,10	118,42	100,50	102,92
Harian	3,86	4,37	4,37	4,09	3,88	4,42	4,54	4,52	3,97	3,82	3,35	3,32

Berdasarkan Tabel 2 diketahui evapotranspirasi maksimum terjadi pada bulan Juli sebesar 140.74 mm/bulan dengan evapotranspirasi harian 4.54 mm/hari, dan evapotranspirasi minimum terjadi pada bulan November sebesar 100.50 mm/bulan dengan evapotranspirasi harian 3.35 mm/hari.

Debit Rata-Rata Bulanan Sungai

Debit *inflow* diperoleh dari debit rata-rata bulanan sungai yang dihitung berdasarkan data curahhujan dari tahun 2010-2020.

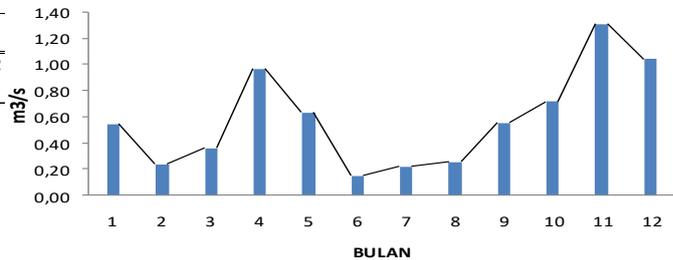
Tabel 3. Debit Rata-Rata Bulanan Waduk Rajui

No.	Tahun	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	2010	0,88	0,31	0,77	1,50	0,81	0,96	0,71	0,55	0,72	0,84	2,25	1,43
2	2011	1,66	0,93	1,60	1,31	0,52	0,11	0,52	0,49	0,86	0,78	1,32	1,50
3	2012	1,69	0,69	0,99	1,08	0,94	0,15	0,37	0,33	0,71	0,95	2,59	1,39
4	2013	2,35	1,25	1,08	1,16	1,51	0,96	0,43	0,25	1,27	0,44	1,32	1,94
5	2014	0,50	0,52	0,41	1,15	1,10	0,54	0,20	0,39	1,15	1,93	2,76	3,00
6	2015	1,18	0,13	0,36	2,14	1,16	0,15	0,69	0,19	0,76	1,35	2,18	1,01
7	2016	0,96	1,04	0,31	1,10	1,40	0,29	0,26	0,89	0,24	1,08	1,69	1,10
8	2017	2,39	0,51	1,63	1,63	0,85	0,30	0,14	0,34	1,67	0,92	2,06	1,94
9	2018	0,82	0,20	0,54	1,51	1,07	0,33	0,34	0,27	0,62	1,28	2,18	1,52
10	2019	0,62	0,74	0,57	0,72	0,49	0,79	0,53	0,27	0,55	2,41	1,16	0,71
11	2020	0,11	0,86	0,37	0,90	2,54	0,59	1,16	0,62	0,56	0,68	1,60	1,49

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa debit rata-rata bulanan sungai yang masuk ke waduk Rajui dari tahun 2010 sampai tahun 2020 sangat bervariasi per tahunnya, hal ini karena dipengaruhi oleh faktor alam dan kondisi sungai. Nilai debit terbesar terjadi pada tahun 2014 bulan Desember yaitu sebesar 3.00 m³/detik.

Tabel 4. Debit Andalan Waduk Rajui

Debit	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Q80	0,55	0,24	0,36	0,97	0,64	0,15	0,22	0,26	0,55	0,72	1,32	1,05



Gambar 1. Grafik Debit Andalan

Dari Gambar 1 diketahui bahwa debit andalan minimum terjadi pada bulan Juni sebesar 0.15 m³/detik dan debit andalan maksimum terjadi pada bulan November yaitu sebesar 1.32 m³/detik.

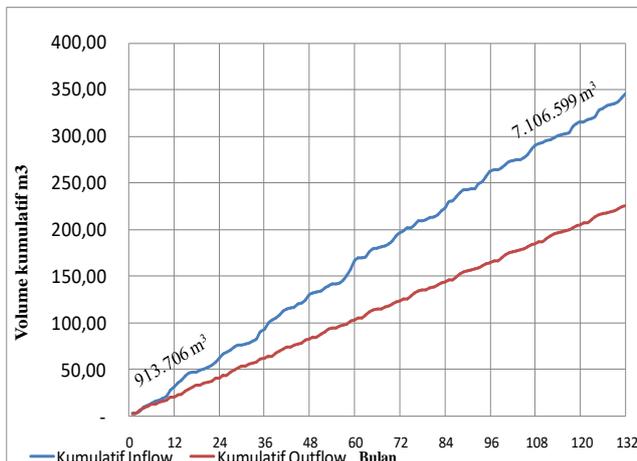
Neraca Air waduk

Berdasarkan hasil perhitungan neraca air memperlihatkan bahwa ketersediaan air (*inflow*) mampu memenuhi kebutuhan air. Kekurangan air yang terjadi pada bulan-bulan tertentu akan dipenuhi dari *inflow* yang ada ditampungan waduk Rajui. Nilai debit terbesar yang masuk ke waduk Rajui terjadi pada tahun 2014 bulan Desember yaitu sebesar 3.00 m³/detik dengan kebutuhan air 0.31 m³/detik sehingga perbandingan debit menjadi surplus 2.69 m³/detik, dan nilai debit terkecil terjadi pada tahun 2011 bulan Juni yaitu sebesar 0.11 m³/detik dengan kebutuhan air 0.62 m³/detik sehingga perbandingan debit menjadi negative 0.51 m³/detik.

Analisis Kapasitas Tampungan Waduk Metode *Ripple Mass Curve*

Berdasarkan hasil perhitungan dengan kurva lengkung kapasitas diperoleh ketinggian muka air normal waduk berada di antara elevasi +88.00 m dan +89.00 m, yaitu pada elevasi +88.56 m, kapasitas tampungan efektif sebesar $2,159,847\text{m}^3$ dengan luas genangan $102,200\text{ m}^2$. Sedangkan ketinggian muka air rendah berada di antara elevasi +56.00 m dan +57.00 m, yaitu pada elevasi +56.89 m, kapasitas tampungan mati sebesar $174,057\text{ m}^3$ dengan luas genangan $23,800\text{ m}^2$.

Dalam analisis kapasitas tampungan waduk metode *Ripple Mass Curve* ini kapasitas tampungan efektif digunakan sebagai kapasitas maksimal yang tertampung dalam waduk. Jika volume *inflow* lebih besar dari pada kapasitas tampungan efektif, maka air waduk dinyatakan melimpah di atas pelimpah banjir.



Gambar 2. Grafik Kurva Massa

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa Waduk Rajui massa penuhnya dengan kapasitas tampungan maksimum terjadi pada

tahun 2019 yaitu sebesar $7,106,599\text{ m}^3$, dan masa penuhnya dengan kapasitas tampungan minimum terjadi pada tahun 2011 yaitu sebesar $913,706\text{ m}^3$.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *Ripple Mass Curve* menunjukkan bahwa dengan kapasitas tampungan sebesar $2,159,847\text{ m}^3$ Waduk Rajui memiliki air yang cukup untuk melayani daerah layanannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil tinjauan dan pembahasan yang telah diuraikan, maka penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Evaporasi maksimum pada daerah studi terjadi pada bulan Juli sebesar 179.65 mm/bulan dengan harian 5.80 mm/hari , dan minimum terjadi pada bulan November sebesar 64.94 mm/bulan dengan harian 2.16 mm/hari .
2. Evapotranspirasi maksimum pada daerah studi terjadi pada bulan Juli sebesar 140.74 mm/bulan dengan harian 4.54 mm/hari , dan minimum terjadi pada bulan November sebesar 100.50 mm/bulan dengan harian 3.35 mm/hari .
3. Debit rata-rata bulanan sangat bervariasi tiap bulannya, dan debit maksimum terjadi pada tahun 2014 bulan Desember sebesar $3.00\text{ m}^3/\text{s}$.
4. Debit andalan maksimum terjadi pada bulan November sebesar $1.32\text{ m}^3/\text{s}$, dan minimum terjadi pada bulan Juni sebesar $0.15\text{ m}^3/\text{s}$.

5. Berdasarkan hasil perhitungan neraca air bahwa kebutuhan air dapat terpenuhi dari tampungan waduk dan inflownya.
6. Dari hasil perhitungan kurva massa dari tahun 2010 –2020 bahwa pada tahun 2019 massa penuhnya waduk dengan kapasitas tampungan maksimum 7,106,599 m³, dan pada tahun 2011 massa penuhnya waduk dengan kapasitas tampungan minimum 913,706 m³.
7. Dari hasil perhitungan kurva massa dari tahun 2010–2020 bahwa waduk Rajui memiliki air yang cukup dari kapasitas tampungan sebesar 2,159,847 m³.

Saran

Ada beberapa hal yang dapat penulis sarankan, yaitu:

1. Dalam melakukan penelitian data-data yang dibutuhkan sebaiknya didapatkan terlebih dahulu agar tidak menghambat dan penelitian dapat terselesaikan dengan waktu singkat.
2. Pelaksanaan pemberian air ke daerah irigasi harus diawasi secara baik dan benar. Sehingga keberadaan waduk yang telah dibangun dapat bermanfaat secara maksimal untuk meningkatkan kesejahteraan penduduk di sekitar waduk.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2020, *Panduan Penulisan Laporan Tugas Akhir Pada Program Studi Teknik Sipil Abulyatama*, Universitas Abulyatama Aceh Besar.

Departemen Pekerjaan Umum Pengairan. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP-01*. Bandung : CV Galang Persada.

Departemen Pekerjaan Umum Pengairan. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi KP-02*. Bandung : CV Galang Persada.

Ismoyo, J.M, Supriyatna, Andy. 2008. *Neraca Air Bendungan Teritip Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur*. Agritek Volume 16.

Jr. Ray K Linsley, Kohler, Max A dan Paulus, Joseph L.H (1989), *Hidrologi Untuk Insinyur*, Edisi Ketiga, Terjemahan Yandi Hermawan, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Kohler, M.A, Linsley, R.K dan Paulhus, J.L.H, 1996. *Hidrologi Untuk Insinyur*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Meliyana, M., Syahputra, I., Mahbengi, A., Rahmawati, C. 2018. *Studi Penanggulangan Banjir Krueng Tripa*. Jurnal Teknik Sipil Unaya, 4(1), 34-39.

Pollein, E, Mul Mulyani Sutedjo. 1991. *Teknologi Pengairan Pertanian (Irigasi)*. Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.

Permatasari, R. 2008. *Dasar Teori Waduk dan Pola Operasi Waduk*. Semarang : Universitas Diponegoro.

Rahardjo Seto Sugianto P dkk. (2015). *Analisis Kapasitas Tampungan Danau Setani Untuk Mengetahui Fungsi Detensi dan Retensi Tampungan*. LIMNOTEK, 22(2), 208-226.

- Rahmawati, C. 2016. *Studi Penyusunan Profil Daerah Irigasi Jambo Reuhat*. Jurnal Teknik Sipil Unaya, 2(1), 25-40.
- Sudjarwadi. 1979. *Pengantar Teknik Irigasi*, Universitas Gadjahmada, Jogjakarta.
- Sosrodarsono, Suyono. 1983. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono. 1987. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Takeda Kensaku, Jakarta.
- Sri, Harto, B.R. 1993. *Analisis Hidrologi*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama.
- Soemarto, C.D, 1995. *Hidrologi Teknik*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Soemarto, C.D, 1999. *Hidrologi Teknik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Soediby. 2003. *Teknik Bendungan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudarta, L., Syahputra, I., 2021. *Studi Perbandingan Karakteristik Data Klimatologi Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Aceh*. Jurnal Teknik Sipil Unaya, 7(1), 23-29.
- Syahputra, I., Rahmawati, C. 2015. *Analisis Ketersediaan Air Pada Daerah Irigasi Blang Karam Kecamatan Darussalam Kabupaten Aceh Besar*. Jurnal Teknik Sipil Unaya, 1(1) 35-42.
- Syahputra, I., Rahmawati, C., Sudarta, L. 2019. *Desain Penampang Krueng Pandrah Dengan Program HEC-RAS*. Jurnal Teknik Sipil Unaya, 5(1), 41-48.
- Syahputra, I., dan Rahmawati, C. 2018. *Aplikasi Program HEC-RAS 5.0. 3 Pada Studi Penanganan Banjir*. Elkawnie, 4(2), 27-40.
- Tjasyono HK, Bayong. 2004. *Klimatologi*, Penerbit ITB, Bandung.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Hidrologi Terapan*. Penerbit Beta Offset, Yogyakarta.