

ANALISIS DEBIT ANDALAN METODE NRECA UNTUK KEBUTUHAN AIR IRIGASI DAN NERACA AIR WADUK BAGONG TRENGGALEK

Efa Grasia Febrian Rudi Saputri¹ dan Faradlillah Saves²

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl Semolowaru No 45 Kota Surabaya
Email: efa.grasia@gmail.com

² Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl Semolowaru No 45 Kota Surabaya
Email: farasaves@untag-sby.ac.id

ABSTRACT

Although our needs of water keep on increasing, an efficient utilization of water availability is still not yet implemented. The problem is that water availability cannot keep up with the water demand. Therefore, it is necessary to analyze water availability and water demand. This research studies water availability using the NRECA method and compared with FJ.Mock's discharge in the Bagong Watershed located in Trenggalek Regency. The resulting reliable discharge analysis by using NRECA method is a maximum discharge of 2,18 m³/s in April I and a minimum discharge of 0,00 m³/s. Meanwhile, FJ.Mock method obtained a maximum discharge of 3,23 m³/s in December I and a minimum discharge of 0,00 m³/s. The maximum irrigation water requirement calculated by using the cropping pattern is 1,40 m³/s in November I. The total irrigation water requirement in one year is 14,86 m³/s and the water balance of NRECA method deficit in April II to November II. Meanwhile, FJ.Mock method shows a deficit in May I to November II. The NSE test results of the NRECA method is 0,73 and FJ.Mock with an NSE value of 0,30. Finally, it can be concluded that the NRECA method is more in accordance with the Bagong Watershed.

Keywords: Main discharge, NRECA, Irrigation water demand, Water balance

ABSTRAK

Dari tahun ke tahun kebutuhan air semakin meningkat, tetapi efisiensi pemanfaatan ketersediaan air masih belum diterapkan dengan baik. Permasalahannya adalah ketersediaan air tidak bisa mengimbangi dengan kebutuhan air. Oleh karena itu, perlu adanya analisis terkait ketersediaan air dan kebutuhan air. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis ketersediaan air dengan menggunakan metode NRECA pada DAS Bagong yang terletak di Kabupaten Trenggalek untuk kemudian dibandingkan dengan debit andalan FJ.Mock. Hasil analisis debit andalan Q_{80} metode NRECA didapatkan debit maksimal yaitu 2,18 m³/detik pada bulan april I dan debit minimal yaitu 0,00 m³/detik, sedangkan debit andalan Q_{80} metode FJ.Mock didapatkan debit maksimal yaitu 3,23 m³/detik pada bulan desember I dan debit minimal yaitu 0,00 m³/detik. Dengan pola tata tanam padi-padi-palawija didapatkan kebutuhan air irigasi maksimal 1,40 m³/detik pada bulan November I. Total kebutuhan air irigasi dalam satu tahun yaitu 14,86 m³/detik. Neraca air dengan debit andalan Q_{80} metode NRECA menghasilkan hasil defisit pada bulan April II hingga November II. Neraca air dengan debit andalan Q_{80} metode FJ.Mock menghasilkan hasil defisit pada bulan Mei I hingga November II. Hasil uji NSE metode NRECA dengan nilai NSE 0,73 dan FJ.Mock dengan nilai NSE 0,30 sehingga dapat disimpulkan metode NRECA lebih sesuai dengan DAS Bagong.

Kata kunci: Debit andalan, NRECA, Kebutuhan air irigasi, Neraca air

1. PENDAHULUAN

Air memiliki peranan penting dalam kelangsungan kehidupan makhluk hidup dimuka bumi. Tidak hanya untuk kebutuhan manusia tetapi air juga sangat penting untuk pertanian yaitu melalui irigasi. Salah satu dampak apabila kekurangan

pemenuhan air untuk irigasi adalah gagal panen yang merugikan petani. Apalagi ketika musim kemarau ketersediaan air saat ini masih merupakan permasalahan yang belum seluruhnya dapat dipecahkan oleh pemerintah. Kekurangan ketersediaan air ini bisa disebabkan oleh sumber air yang semakin langka akibat penggundulan hutan,

penggunaan air yang tidak terkontrol, dan juga kurangnya wawasan tentang pengaturan ketersediaan air untuk kebutuhan masyarakat.

Dari tahun ke tahun pun kebutuhan air semakin meningkat. Sedangkan efisiensi pemanfaatan ketersediaan air masih belum diterapkan dengan baik. Kejadian umumnya adalah air yang dapat disediakan, tidak bisa mengimbangi dengan kebutuhan dalam hal kuantitas, sehingga perlu upaya-upaya lain secara terus menerus untuk pemenuhan kebutuhan air saat ini. Oleh karena itu perlu adanya pembangunan, pengawasan serta pengaturan untuk memelihara ketersediaan air agar mampu memenuhi kebutuhan.

Salah satu upaya untuk pemanfaatan ketersediaan air dan pemenuhan kebutuhan air adalah dibangunnya sebuah waduk. Waduk merupakan sebuah tampungan air pada permukaan tanah yang terbentuk karena adanya pembangunan bendungan. Waduk berfungsi menampung air saat terjadi kelebihan air di musim penghujan dan menyediakan air ketika musim kemarau. Sejak tahun 2014, Indonesia gencar melakukan pembangunan waduk untuk meningkatkan ketahanan pangan melalui pemenuhan air irigasi (Kementerian PUPR, 2020).

Waduk Bagong merupakan salah satu waduk yang direncanakan untuk menjadi tampungan air agar saat musim kemarau tiba masih ada ketersediaan air. Waduk Bagong ini berada di Kabupaten Trenggalek tepatnya di Dusun Pengkok, Desa Sumurup dan Desa Sengon, Kecamatan Bendungan, Jawa Timur. Secara umum kondisi topografi lokasi rencana Waduk Bagong adalah berada di perbukitan hingga pegunungan yang terletak di daerah aliran sungai Bagong. Luas Daerah aliran sungai (DAS) Bagong yaitu $39,95 \text{ km}^2$. Pembangunan Waduk Bagong ini diharapkan mampu mengembangkan dan memenuhi kebutuhan air irigasi daerah irigasi bagong untuk sawah penduduk dengan luas 875 Ha (BBWS Brantas, 2018).

Pertanian di Kabupaten Trenggalek sendiri memiliki komoditas unggulan seperti tanaman pangan padi dan palawija. Namun dalam satu tahun belum bisa panen dua kali padi disebabkan sering terjadi kekurangan air. Hal tersebut dikarenakan padi membutuhkan ketersediaan air cukup besar sedangkan air irigasi masih mengandalkan air hujan (sawah tadah hujan). Apalagi ketika dilanda kekeringan setiap panen harus mengeluarkan biaya tambahan yang tidak murah untuk menyewa diesel air (Nauval, 2021). Padahal dalam bidang pertanian penentu keberhasilan memperoleh hasil pertanian adalah cukupnya ketersediaan air dalam memenuhi kebutuhan air irigasi.

Ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi sangat berkaitan satu sama lain. Sehingga pengkajian hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi akan dianalisis agar dapat memenuhi konsep

neraca air. Neraca air memperlihatkan masukan air (ketersediaan air) dan keluaran air (kebutuhan air) pada sebuah daerah sehingga dapat diketahui jumlah air tersebut kelebihan (surplus) ataupun kekurangan (defisit). Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit yaitu mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi. Contohnya ketika hujan maka akan terjadi peningkatan level air di waduk, apabila tidak dilakukan analisis jumlah *outflow*/kebutuhan air yang keluar bisa menyebabkan air pada waduk mencapai batas normal. Hal tersebut mengakibatkan air meluap dan terjadi banjir. Bahkan kemungkinan terburuk apabila bendungan tidak mampu menahan tekanan kenaikan level permukaan air, maka dapat berakibat jebolnya bendungan yang sangat membahayakan masyarakat. Dari hasil analisis neraca air juga dapat digunakan untuk mendayagunakan ketersediaan air pada waduk dengan sebaik-baiknya.

Dalam menganalisis ketersediaan air atau debit andalan banyak sekali metode yang dapat digunakan diantaranya metode NRECA, FJ.Mock, Tangki, GR2M, dll. Di Indonesia metode yang umum digunakan adalah metode NRECA dan FJ. Mock. Analisis debit dari kedua metode tersebut direkomendasikan berdasarkan tingkat empiris (pengalaman), ketepatan hasil dan kemudahan perhitungan (Standar Perencanaan Irigasi KP-1, 2013).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Curah Hujan Rata-Rata

Salah satu metode perhitungan curah hujan rata-rata menggunakan *Poligon Thiessen*. Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Limantara, 2018) :

$$\bar{R} = \frac{A_1}{A} \cdot R_1 + \frac{A_2}{A} \cdot R_2 + \frac{A_3}{A} \cdot R_3 + \dots + \frac{A_n}{A} \cdot R_n$$

$$\bar{R} = W_1 \cdot R_1 + W_2 \cdot R_2 + \dots + W_n \cdot R_n$$

Dimana :

A = luas daerah aliran (km^2)

An = luas daerah pengaruh stasiun n

Ri = tinggi hujan pada stasiun I (mm)

Wn = Koefisien *Thiessen* ($\frac{A_n}{A}$)

Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang ada pada sebuah DAS dan dapat diperhitungkan untuk keperluan tertentu seperti keperluan air irigasi, air baku, dll. Perhitungan debit andalan dilakukan dengan mengurutkan data debit dari yang terbesar hingga yang terkecil, kemudian dicari sesuai nilai probabilitasnya (SNI 6728, 2015). Rumus yang digunakan yaitu rumus Weibull (Limantara, 2018) :

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

Dimana :

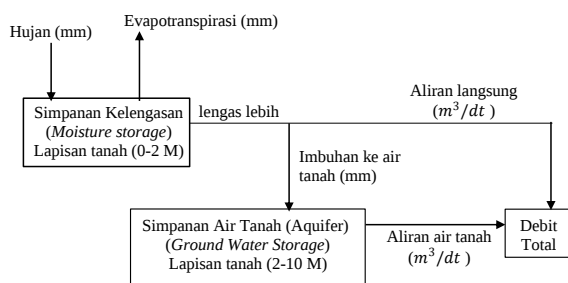
P = Probabilitas (%)

m = Nomor urut data debit

n = Jumlah data pengamatan debit

Metode NRECA

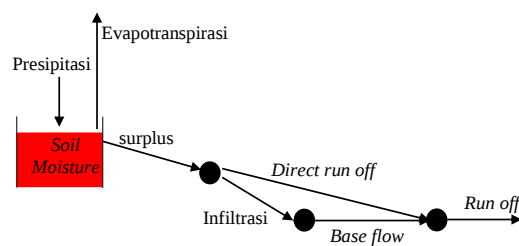
Metode NRECA dikembangkan oleh Norman H. Crawford pada tahun 1985. Metode NRECA strukturnya dibagi menjadi dua tampungan, yaitu tampungan kelengasan (*moisture storage*) dan tampungan air tanah (*groundwater storage*). Berikut ini konsep metode NRECA. Ada 3 parameter yang yang besar pengaruhnya pada keluaran Metode NRECA yakni: Nominal adalah Indeks Kapasitas Kelengasan Tanah (*Index Soil Moisture Storage Capacity*) pada daerah tangkapan, PSUB (*Presentase run off*) yang mengalir pada jalur *subsurface*, merupakan prosentase dari limpasan yang bergerak keluar dari DAS melalui limpasan permukaan, GWF adalah Prosentase dari tampungan air tanah yang mengalir ke sungai sebagai aliran dasar yakni (Standar Perencanaan Irigasi KP.01, 2013).



Gambar 1. Skema Simulasi Debit NRECA

Metode FJ. Mock

Metode FJ.Mock dikembangkan oleh Dr. FJ. Mock pada tahun 1973. Metode FJ.Mock ini memiliki konsep *water balance*, dimana air yang ada di bumi memiliki volume tetap, hanya sirkulasi dan distribusinya yang bervariasi. Berikut ini konsep metode FJ.Mock (Standar Perencanaan Irigasi KP.01, 2013).



Gambar 2. Skema Simulasi Debit FJ. Mock

Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang digunakan untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman. (Dinas Pengairan, 2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi meliputi curah hujan efektif (Re), penyiapan lahan, perkolasi (P), jenis tanaman, efisiensi irigasi, penggantian lapisan air (WLR).

Kebutuhan air irigasi untuk palawija

$$NFR = ET_c + P - Re$$

Kebutuhan air irigasi untuk padi

$$NFR = ET_c + P - Re + WLR$$

Neraca Air

Neraca air dapat menggambarkan bahwa di dalam suatu sistem hidrologi (DAS, waduk, danau, aliran permukaan) dapat dievaluasi air yang masuk dan yang keluar dari sistem tersebut dalam suatu periode waktu tertentu (Davidoff, 2016). Neraca air dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Neraca Air} = Q_{\text{ketersediaan}} - Q_{\text{kebutuhan}}$$

Dimana :

Neraca air = Neraca air, surplus apabila hasil persamaan adalah positif dan defisit apabila hasil persamaan negatif

$$Q_{\text{ketersediaan}} = \text{Debit ketersediaan air (m}^3/\text{s)}$$

$$Q_{\text{kebutuhan}} = \text{Debit kebutuhan air (m}^3/\text{s)}$$

Uji Kesesuaian Metode

Uji kesesuaian metode merupakan analisa yang bertujuan untuk membandingkan dan melihat kesesuaian dari hasil perhitungan dengan data debit observasi seadanya pada lokasi studi. Dalam penelitian ini menggunakan uji NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*). Uji Efisiensi *Nash-Sutcliffe* menunjukkan tingkat ketelitian dari korelasi hubungan antara data yang terukur dan terhitung (Indarto, 2012, p.172). Uji NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*) direkomendasikan oleh *the American of Civil Engineers*. Perhitungan untuk uji NSE sebagai berikut :

$$NSE = 1 - \frac{\sum (Q_{obsi} - Q_{mi})^2}{\sum (Q_{obsi} - \bar{Q}_{obs})^2}$$

Dengan :

$$Q_{obsi} = \text{nilai debit observasi (m}^3/\text{det)}$$

$$Q_{mi} = \text{nilai debit pemodelan (m}^3/\text{det)}$$

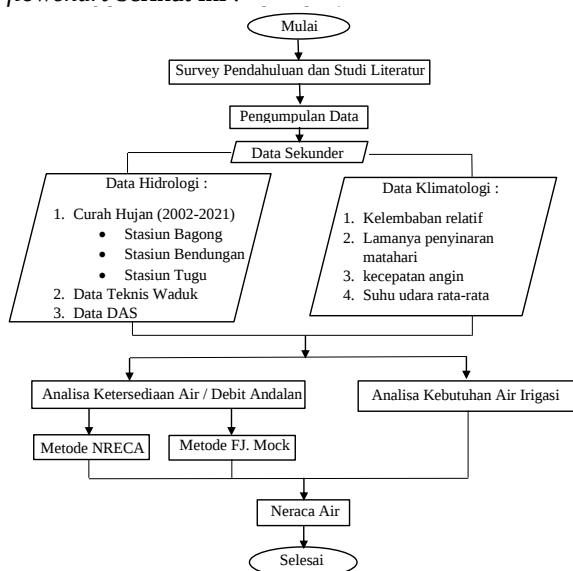
$$\bar{Q}_{obs} = \text{rata-rata nilai observasi (m}^3/\text{det)}$$

Tabel 1. Kriteria nilai NSE

Kriteria	NSE
Sangat Baik	$0.75 < NSE < 1.00$
Baik	$0.65 < NSE < 0.75$
Memuaskan	$0.50 < NSE < 0.65$
Kurang Memuaskan	$NSE \leq 0.50$

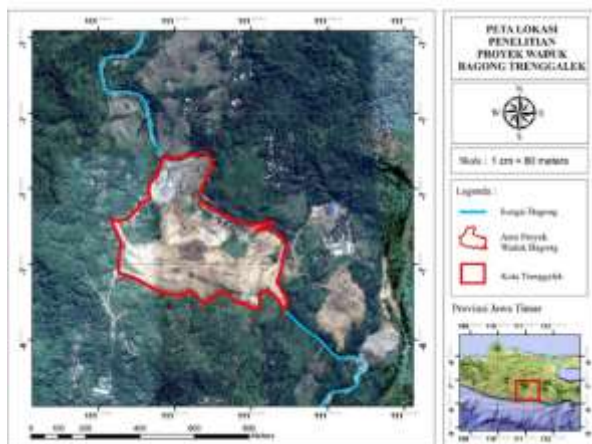
3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian akan ditampilkan pada *flowchart* berikut ini :

Gambar 3. *Flowchart* Penelitian

Survey pendahuluan dilakukan untuk mengenal kondisi daerah yang akan dilakukan penelitian serta mengidentifikasi permasalahan yang ada di lapangan. Untuk studi literatur digunakan untuk menambah wawasan terkait topik permasalahan yang diambil.

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Bagong yang terletak di Desa Sumurup dan Sengon, Kecamatan Bendungan, Kabupaten Trenggalek. Berikut ini adalah gambar lokasi penelitian.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

Selanjutnya adalah mencari data pendukung untuk menganalisis serta menyelesaikan permasalahan tersebut. Data yang digunakan penulis adalah data sekunder. Data yang digunakan diperoleh dari beberapa instansi, antara lain Konsultan Perencana Bendungan Bagong, BBWS Brantas, Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Trenggalek.

Dari data yang didapatkan kemudian dilakukan pengolahan data. Tahapan analisis data/proses perhitungan meliputi :

- Analisis Hidrologi, perhitungan untuk mengetahui curah hujan rata-rata, dan perhitungan curah hujan efektif.
- Analisis Klimatologi, dari data klimatologi yang tercatat pada stasiun klimatologi diurean maka dianalisis menggunakan analisa *Penman*.
- Analisis Ketersediaan Air/Debit Andalan, analisis ini akan menggunakan metode NRECA dan dibandingkan dengan metode FJ. Mock.
- Analisa Kebutuhan Air, dalam penelitian ini analisa kebutuhan air digunakan untuk kebutuhan air irigasi daerah irigasi bagong meliputi kebutuhan air saat persiapan lahan, pola tata tanam.
- Analisa neraca air dapat dilihat antara ketersediaan air dan kebutuhan air untuk irigasi yang mana apakah terjadi surplus atau defisit.
- Uji kesesuaian metode dengan NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Rata-Rata

Untuk menentukan curah hujan rata-rata di DAS Bagong digunakan metode Poligon *Thiessen*.

Gambar 5. Poligon *Thiessen*

Dari hasil penggambaran Poligon Thiessen didapatkan hasil luas daerah pengaruh masing-masing stasiun. Dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Perhitungan Koefisien Thiessen

No.	Stasiun Curah Hujan	Luas A1 (<i>km</i> ²)	Koefisien <i>Thiessen</i>	Prosentase (%)
1	Bendungan	38,42	0,962	96,2
2	Bagong	1,45	0,036	3,6
3	Tugu	0,08	0,002	0,2
	Jumlah	39,95	1	100

Contoh perhitungan curah hujan rerata pada bulan Januari I tahun 2002 :

$$\bar{R} = W1.R1 + W2.R2 + W3.R3$$

$$\bar{R} = 0,962 \times 157 + 0,036 \times 236 + 0,002 \times 96$$

$$\bar{R} = 160 \text{ mm}$$

Untuk rekapitulasi hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Curah Hujan Rata-Rata (mm/15 hari)

[illegible]

Analisa Klimatologi

Analisa Klimatologi ini digunakan untuk mencari besarnya evapotranspirasi potensial. Dalam penelitian ini menggunakan metode Penman Modifikasi.

Tabel 4. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

No	Parameter	Satuan	Bulan												
			Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
I	Data														
1	Suhu, T	°C	22,27	25,71	30,07	30,47	30,08	29,73	29,74	30,11	29,78	28,52	28,02	28,50	
2	Lama Penyinaran,n	%	33,88	42,64	51,08	49,9	42,86	42,84	50,89	61,72	45,37	44,04	53,29	45,37	
3	Kelembapan Relatif, RH	%	94,34	97,61	99,39	99,77	99,17	98,23	97,99	95,91	95,91	95,91	97,67	97,60	
4	Kelembapan Udara, U	g/m ³	0,98	1,08	1,25	1,26	1,08	0,78	0,99	0,95	0,95	1,02	1,08	0,85	
II	Perhitungan														
1	Tekanan uap jenuh, e _s (Tabel)	(mbar)	30,26	33,06	43,95	43,61	42,61	41,79	41,81	42,69	44,09	39,89	37,94	39,85	
2	Tekanan uap nyata, e _a (e _s x RH)	(mbar)	32,41	32,27	42,80	42,64	41,68	40,60	41,60	41,67	39,81	38,15	37,11	39,01	
3	Perbedaan tekanan uap, (e _a -e _s)	(mbar)	2,05	1,29	1,15	0,97	0,93	1,18	0,74	1,03	2,69	0,64	0,74	0,94	
4	Kelembapan Relatif, RH (0,227 + (1-(0,006864		0,43	0,49	0,60	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	
5	W (Tabel)		0,77	0,76	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	
6	Faktor Pembohor (1-W)		0,23	0,24	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,21	
7	Radiasi efektif terrestrial, R _{te} (0,254		16,10	16,10	15,50	14,60	13,10	12,40	13,20	13,70	14,00	15,80	16,00	16,00	
8	Radiasi gas peroxide, R _g (0,25-(0,04567n/°R)		6,97	7,73	8,15	7,43	6,31	5,97	7,28	8,14	7,38	7,71	8,00	7,06	
9	Radiasi netto gas peroxide, R _{gn} (R _g - R _{te})	(mwh/m ² /day)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	
10	Panjang teta, Uap, f _u (m ² x 0,34 - 0,0044 x e _a)		0,08	0,09	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	
11	Fungsi penyinaran, (f _u /N) (1 + 0,5/N m ²)		0,40	0,48	0,56	0,54	0,49	0,49	0,64	0,67	0,51	0,50	0,58	0,42	
12	Panjang f _u (T, f _u) (T _u)	(mwh/m ² /day)	16,15	16,55	16,85	16,82	16,72	16,65	16,65	16,73	16,60	16,40	16,30	16,40	
13	Radiasi netto ek. Panjang, R _u (f _u x e _a - 0,62 x f _u)	(mwh/m ² /day)	0,54	0,69	0,48	0,48	0,48	0,62	0,63	0,53	0,56	0,68	0,68	0,47	
14	Radiasi netto ek. Panjang, R _u (R _u - R _{te})	(mwh/m ² /day)	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	4,69	
15	Faktor koreksi, e (Tabel)		1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	
16	Potensial Evapotranspirasi, E _p (Tabel)	(mwh/m ² /day)	4,21	4,36	4,59	3,72	3,12	2,95	3,51	4,44	4,50	4,60	4,50	4,25	

Debit Andalan

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah PSUB sebesar 0,4, GWF sebesar 0,6, dan C pada nominal sebesar 0,2. Berikut ini tabel perhitungan metode NRECA.

Tabel 5. Debit Metode NRECA Tahun 2002

[illegible]

Berikut ini contoh perhitungan pada bulan Januari periode I pada tahun 2002:

1. Jumlah hari = 15 hari (Periode I bulan Januari)
2. Curah hujan (Rb) / presipitasi = 160 mm
3. Nilai evapotranspirasi potensial (PET)

$$\text{Evapotranspirasi potensial (PET)} = 4,21 \times 15 = 63,15 \text{ mm}$$
4. Tampung an kelengasan awal, nilainya didapat dari *try and error*. Dan percobaan pertama di bulan januari periode I tahun 2002 diambil $W_o = 500 \text{ mm}$
5. Rasio Penyimpanan (*Storage ratio*)

$$Wi = \frac{Wo}{nominal} = \frac{500}{100 + (0,2 \times Ra)} = \frac{500}{100 + (0,2 \times 2804)} = 0,76$$

Dengan R_a = hujan tahunan (mm) = 2804 mm

6. Rasio Presipitasi / PET
$$\frac{\text{Presipitasi}}{PET} = \frac{160}{63,15} = 2,53$$
7. Rasio AET / PET

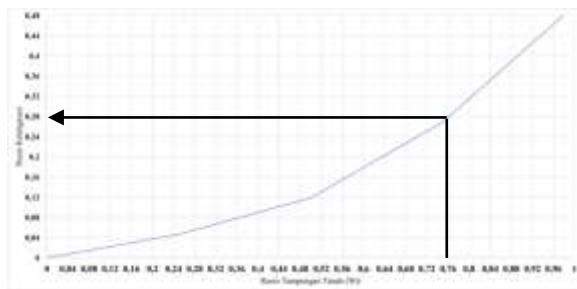
Rasio AET / PET yang nilainya tergantung rasio Presipitasi/PET dan *Storage ratio* (Wi). Apabila nilai Presipitasi/PET > 1 maka $\frac{AET}{PET} = 1$. Sedangkan kalau tidak maka nilai $\frac{AET}{PET} = \frac{AET}{PET} (1 - 0,5xWi) + (0,5 \times Wi)$.

Karena nilai $\frac{PET}{PET}$ = 2,53
maka Rasio $\frac{AET}{PET} = 1$

8. AET
$$AET = \frac{AET}{PET} \times PET \times \text{koefisien reduksi} = 1 \times 63,15 \times 0,9 = 56,84 \text{ mm}$$
9. *Water Balance*
$$\text{Water Balance} = \text{Presipitasi} - AET = 160 - 56,84 = 103,16 \text{ mm}$$
10. Rasio kelebihan kelengasan (*Excess Moist Rasio*)

Karena harga *water balance* positif maka rasio kelebihan kelengasan didapat

Dengan $W_i = 0,76$ didapat rasio kelebihan kelengasan (*Excess Moist Ratio*) sebesar 0,28



Gambar 6. Grafik Rasio Kelebihan Kelengasan

11. Excess Moist

$Excess\ Moist = Excess\ Moist\ Rasio \times Water\ Balance$

$$Excess\ Moist = 0,28 \times 103,16 = 28,88\ mm$$

12. Perubahan Tampung (Delta Storage)

$\Delta Storage = Water\ Balance - Excess\ Moist$

$$\Delta Storage = 103,16 - 28,88 = 74,28\ mm$$

13. Pengisian air tanah (Recharge to groundwater)

Dari hasil uji permeabilitas tanah didapat nilai koefisien permeabilitas diantara 10^{-5} - 10^{-7} yang artinya tanah tersebut memiliki sifat permeabilitas yang kecil sehingga masuk pada kategori daerah dengan akuifer terbatas dan lapisan tanah yang tipis dengan $0,3 < PSUB < 0,5$. PSUB diasumsikan sebesar 0,4.

$Recharge\ to\ groundwater = PSUB \times Excess\ Moist$

$$Recharge\ to\ groundwater = 0,4 \times 28,88 = 11,55\ mm$$

14. Tampung air tanah awal (Begin Storage Groundwater)

Nilai begin storage awal yang ditetapkan sebagai kondisi awal dengan cara *try and error*. Nilai begin storage ditetapkan 200 mm

15. Tampung akhir air tanah (End Storage Groundwater)

$End\ storage\ GW = Rech.\ to\ groundwater + Begin\ storage\ groundwater$

$$End\ storage\ GW = 11,55 + 200 = 211,55\ mm$$

16. Aliran air tanah (Groundwater Flow)

GWF diasumsikan sebesar 0,6

$Groundwater\ Flow = GWF \times End\ Storage\ GW$

$$Groundwater\ Flow = 0,6 \times 211,55 = 126,93\ mm$$

17. Aliran Langsung (Direct flow)

$Direct\ flow = Excess\ Moist - Recharge\ to\ groundwater$

$$Direct\ flow = 28,88 - 11,55 = 17,33$$

18. Debit (Total Discharge)

$Total\ Discharge = Groundwater\ Flow + Direct\ flow$

$$Total\ Discharge = 126,93 + 17,33 = 144,26\ mm$$

19. Debit Total dalam m^3/det

Debit Total =

$$\frac{(Total\ discharge / 1000) \times Luas\ DAS \times 1000000}{jumlah\ hari \times 24 \times 3600}$$

$$Debit\ Total = \frac{(144,26/1000) \times 39,95 \times 1000000}{15 \times 24 \times 3600}$$

$$Debit\ Total = 4,45\ m^3/det$$

Tabel 6. Debit Metode NRECA Tahun 2002-2021

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2002	4,45	5,30	7,01	4,44	6,38	4,98	5,01	7,82	1,84	0,50	0,21	0,00
2003	2,32	1,54	6,05	4,61	8,10	3,71	3,82	0,63	0,25	0,09	0,04	0,00
2004	0,36	0,04	1,08	0,07	2,19	1,53	6,32	1,88	6,25	3,40	3,20	0,07
2005	6,12	1,50	0,03	1,76	2,85	3,19	3,07	1,15	0,30	0,11	0,05	0,02
2006	3,02	1,62	2,54	5,43	0,69	0,70	5,36	8,11	1,56	1,80	0,37	0,15
2007	6,36	2,01	1,08	5,19	0,75	2,59	5,57	0,03	2,79	0,06	2,59	0,36
2008	1,53	1,85	1,30	1,17	6,78	3,63	3,37	0,47	1,88	0,26	0,11	0,05
2009	1,09	1,21	2,20	3,64	0,94	0,46	3,19	4,22	2,36	0,40	0,16	0,06
2010	2,45	2,25	6,03	2,64	1,29	5,22	0,00	4,00	6,71	4,20	4,40	2,12
2011	6,49	2,07	1,26	0,30	6,25	3,12	2,03	1,28	2,47	0,73	0,19	0,54
2012	4,07	2,08	1,21	5,52	2,42	1,51	4,83	0,65	3,86	0,48	0,03	0,01
2013	3,16	3,50	6,00	4,25	0,67	3,07	5,52	2,72	0,53	4,31	2,07	3,28
2014	3,71	1,00	0,30	3,11	1,07	1,16	2,90	1,32	0,18	0,41	0,19	4,00
2015	1,42	1,36	0,46	1,48	3,29	6,15	4,18	7,38	2,54	0,00	2,67	0,38
2016	2,51	3,20	5,31	3,33	3,97	5,55	7,19	1,86	3,68	4,03	6,07	3,86
2017	1,06	3,60	2,82	5,07	6,13	5,42	3,69	0,67	0,60	1,03	0,44	0,10
2018	5,27	4,31	3,40	0,84	3,89	0,48	4,77	1,07	0,30	0,11	0,05	0,00
2019	2,56	2,09	1,75	7,44	7,87	5,44	1,24	3,01	0,65	0,19	0,06	0,03
2020	3,41	1,88	2,94	4,51	2,58	4,54	2,54	3,15	1,71	5,76	1,88	1,38
2021	4,06	5,98	2,77	5,12	2,35	2,08	2,76	0,54	0,19	0,44	1,49	7,22

Tabel 7. Debit Metode FJ. Mock Tahun 2002-2021

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2002	1,47	1,08	0,54	5,52	7,70	5,76	5,76	4,05	2,10	0,05	0,31	0,15
2003	4,47	2,47	0,08	6,24	6,38	4,87	4,87	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00
2004	0,36	0,04	1,08	0,07	2,19	1,53	6,32	1,88	6,25	3,40	3,20	0,07
2005	6,12	1,50	0,03	1,76	2,85	3,19	3,07	1,15	0,30	0,11	0,05	0,02
2006	3,02	1,62	2,54	5,43	0,69	0,70	5,36	8,11	1,56	1,80	0,37	0,15
2007	6,36	2,01	1,08	5,19	0,75	2,59	5,57	0,03	2,79	0,06	2,59	0,36
2008	1,53	1,85	1,30	1,17	6,78	3,63	3,37	0,47	1,88	0,26	0,11	0,05
2009	1,09	1,21	2,20	3,64	0,94	0,46	3,19	4,22	2,36	0,40	0,16	0,06
2010	2,45	2,25	6,03	2,64	1,29	5,22	0,00	4,00	6,71	4,20	4,40	2,12
2011	6,49	2,07	1,26	0,30	6,25	3,12	2,03	1,28	2,47	0,73	0,19	0,54
2012	4,07	2,08	1,21	5,52	2,42	1,51	4,83	0,65	3,86	0,48	0,03	0,01
2013	3,16	3,50	6,00	4,25	0,67	3,07	5,52	2,72	0,53	4,31	2,07	3,28
2014	3,71	1,00	0,30	3,11	1,07	1,16	2,90	1,32	0,18	0,41	0,19	4,00
2015	1,42	1,36	0,46	1,48	3,29	6,15	4,18	7,38	2,54	0,00	2,67	0,38
2016	2,51	3,20	5,31	3,33	3,97	5,55	7,19	1,86	3,68	4,03	6,07	3,86
2017	1,06	3,60	2,82	5,07	6,13	5,42	3,69	0,67	0,60	1,03	0,44	0,10
2018	5,27	4,31	3,40	0,84	3,89	0,48	4,77	1,07	0,30	0,11	0,05	0,00
2019	2,56	2,09	1,75	7,44	7,87	5,44	1,24	3,01	0,65	0,19	0,06	0,03
2020	3,41	1,88	2,94	4,51	2,58	4,54	2,54	3,15	1,71	5,76	1,88	1,38
2021	4,06	5,98	2,77	5,12	2,35	2,08	2,76	0,54	0,19	0,44	1,49	7,22

Setelah didapatkan debit pertahun kemudian dilakukan analisis debit andalan. Langkah awal untuk menentukan debit andalan yaitu dengan mengurutkan debit yang ada dari nilai terbesar hingga terkecil dari tahun 2002-2021.

Contoh perhitungan Debit Andalan Q_{80} Metode NRECA :

Setelah diurutkan data debit dari yang terbesar ke yang terkecil kemudian menghitung probabilitasnya di no urut 1 :

$$P = \frac{m}{(n+1)} \times 100\% = \frac{1}{(20+1)} \times 100\% = 4,76\%$$

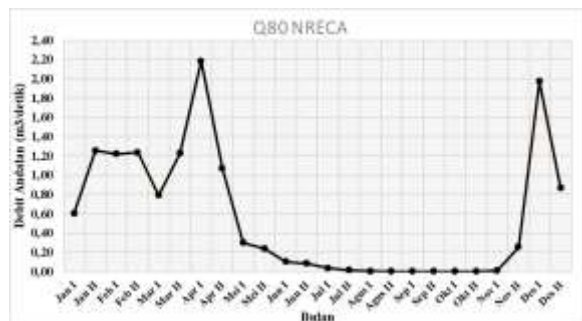
Contoh perhitungan interpolasi debit andalan Q_{80} Januari I :

Debit	P
1,06	76,19%
0,49	80,95%

$$Debit\ Andalan\ Q_{80} = 1,06 + \frac{80\% - 76,19\%}{80,95\% - 76,19\%} (0,49 - 1,06) = 0,60$$

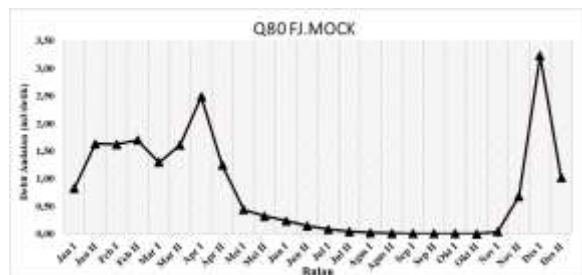
Tabel 8. Debit Andalan Metode NRECA

No. Urut	Tahun	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	4,76%	5,37	5,30	6,46	7,44	7,87	6,57	7,78	9,05	6,60	5,76	6,07	7,23	7,14	5,43	6,30	6,30	6,40	6,38	5,88	5,88	6,40	6,38	6,38	6,38
2	9,52%	4,48	4,44	7,75	5,52	6,38	6,52	7,10	8,61	5,71	5,13	4,80	4,59	5,13	5,28	6,63	5,70	5,85	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
3	14,29%	4,45	3,88	6,65	5,43	6,38	5,50	5,94	7,92	3,68	4,26	3,50	3,26	3,63	5,16	5,15	5,08	5,44	5,67	5,67	5,67	5,67	5,67	5,67	5,67
4	19,05%	4,07	3,76	6,63	5,19	5,13	5,44	5,52	7,28	3,68	4,03	2,67	3,38	3,80	5,34	5,05	5,02	5,58	2,92	7,44	6,41	4,50	4,16	4,16	4,16
5	23,81%	3,43	3,68	6,60	5,12	5,50	5,42	5,38	5,57	5,19	5,49	2,07	2,57	3,68	5,33	5,14	5,05	5,02	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12
6	28,57%	3,21	3,20	5,31	5,07	3,87	5,20	5,16	4,22	2,84	2,79	1,08	2,54	3,85	4,14	5,04	5,02	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
7	33,33%	3,16	2,87	3,84	4,63	3,89	4,88	4,88	4,08	2,47	2,28	0,36	1,38	2,36	5,12	5,12	5,08	5,12	7,84	3,13	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13
8	38,10%	3,00	2,88	3,39	4,53	2,89	4,59	4,77	3,15	2,52	1,88	0,48	0,80	0,83	5,13	5,05	5,02	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
9	42,86%	2,92	2,92	3,40	4,44	2,85	3,73	4,18	3,16	1,95	1,46	0,54	0,54	0,57	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
10	47,62%	2,91	2,89	2,84	4,25	2,58	3,10	3,57	2,72	1,84	1,53	0,40	0,40	0,43	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
11	52,38%	2,85	2,83	2,71	3,84	2,42	3,52	3,48	2,37	1,71	1,37	0,37	0,38	0,38	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
12	57,14%	2,86	2,85	2,70	3,83	2,35	3,47	3,49	1,88	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
13	61,90%	2,82	2,81	2,70	3,82	2,35	3,46	3,48	1,87	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
14	66,67%	2,82	2,81	2,70	3,82	2,35	3,46	3,48	1,87	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
15	71,43%	2,80	2,80	2,70	3,82	2,35	3,46	3,48	1,87	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
16	76,19%	2,80	2,80	2,70	3,82	2,35	3,46	3,48	1,87	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
17	80,95%	2,80	2,80	2,70	3,82	2,35	3,46	3,48	1,87	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
18	85,71%	2,80	2,80	2,70	3,82	2,35	3,46	3,48	1,87	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
19	90,48%	2,80	2,80	2,70	3,82	2,35	3,46	3,48	1,87	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
20	95,24%	2,80	2,80	2,70	3,82	2,35	3,46	3,48	1,87	1,60	1,49	0,38	0,38	0,37	5,03	5,03	5,00	5,00	5,00	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89
Re Padi (R80)		2,61	5,04	4,59	4,24	3,36	5,09	5,72	2,65	1,31	0,34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Re Palawija (R80)		1,87	3,60	3,28	3,03	2,40	3,64	4,09	1,90	0,94	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 7. Grafik Debit Andalan Q_{80} NRECA

Tabel 9. Debit Andalan Metode FJ.Mock

No.	Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	9,52%	5,17	4,55	3,34	7,80	7,80	9,18	9,18	6,12	4,86	4,86	2,48	1,61
2	14,29%	5,11	4,42	9,28	6,76	6,40	6,40	4,54	4,54	4,00	4,23	1,86	0,67
3	19,05%	4,55	4,35	2,03	6,26	6,26	6,26	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
4	23,81%	4,35	4,34	1,98	6,26	6,26	6,26	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
5	28,57%	4,35	4,34	1,98	6,26	6,26	6,26	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
6	33,33%	4,08	4,08	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
7	38,10%	3,94	3,94	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
8	42,86%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
9	47,62%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
10	52,38%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
11	57,14%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
12	61,90%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
13	66,67%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
14	71,43%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
15	76,19%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
16	80,95%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
17	85,71%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
18	90,48%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
19	95,24%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
20	99,98%	3,74	3,74	1,45	5,08	5,08	5,08	4,40	4,40	3,11	1,74	1,45	0,40
Re Padi (R80)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Re Palawija (R80)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 8. Grafik Debit Andalan Q_{80} FJ.Mock

Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan Curah Hujan Efektif

Menghitung curah hujan efektif diperoleh dengan mengurutkan data curah hujan rata-rata dari yang terbesar hingga yang terkecil. Besarnya probabilitas diperoleh dari nomor urut sampel yang telah diurutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil.

Tabel 10. Curah Hujan Efektif

No. Urut	Probabilitas	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
I	II	I	II	I	II	I	II
1	4,76%	259	405	432	340	378	327
2	9,52%	251	216	391	273	343	317
3	14,29%	242	214	364	272	319	301
4	19,05%	227	213	340	240	263	295
5	23,81%	214	213	297	238	242	269
6	28,57%	198	210	291	216	216	268
7	33,33%	178	183	228	205	213	266
8	38,10%	174	181	197	198	200	259
9	42,86%	170	163	193	179	186	216
10	47,62%	160	152	171	173	161	208
11	52,38%	158	152	152	172	154	199
12	57,14%	156	149	148	166	139	195
13	61,90%	89	127	144	163	133	187
14	66,67%	85	122	125	125	120	167
15	71,43%	83	118	105	113	96	150
16	76,19%	83	109	99	91	83	116
17	80,95%	50	107	98	91	69	107
18	85,71%	34	104	93	61	68	87
19	90,48%	21	95	93	57	58	77
20	95,24%	18	80	15	42	55	39
50%	R50	159	152	161	173	157	204
80%	R80	56	108	98	91	72	109
Re Padi (R80)		2,61	5,04	4,59	4,24	3,36	5,09
Re Palawija (R80)		1,87	3,60	3,28	3,03	2,40	3,64

No.Urut	Probabilitas	Jul		Agus		Sep		Ok		Nov		Des	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	4,76%	120	98	294	88	152	229	404	455	500	432	496	430
2	9,52%	114	97	39	23	136	154	293	231	409	371	399	364
3	14,29%	96	52	14	15	84	105	220	173	357	245	377	364
4	19,05%	94	40	13	11	50	89	142	173	346	304	317	256
5	23,81%	60	35	3	10	11	47	68	147	321	276	311	247
6	28,57%	40	34	0	8	6	43	61	134	259	285	285	239
7	33,33%	35	31	0	0	3	31	50	103	219	261	279	219
8	38,10%	34	25	0	0	2	18	22	101	152	236	271	209
9	42,86%	12	23	0	0	0	5	13	100	149	208	245	194
10	47,62%	0	19	0	0	0	4	11	100	125	208	220	171
11	52,38%	0	5	0	0	0	2	84	109	179	211	156	
12	57,14%	0	5	0	0	0	1	37	99	154	199	136	
13	61,90%	0	0	0	0	0	0	28	81	132	197	123	
14	66,67%	0	0	0	0	0	0	0	61	120	196	109	
15	71,43%	0	0	0	0	0	0	0	30	90	167	103	
16	76,19%	0	0	0	0	0	0	0	26	84	158	85	
17	80,95%	0	0	0	0	0	0	0	15	17	154	60	
18	85,71%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	147	49	
19	90,48%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119	42	
20	95,24%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	31	
50%	R50	0	12	0	0	0	3	5	92	117	194	215	164
80%	R80	0	0	0	0	0	0	0	0	18	31	154	64
	Re Padu (R80)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,82	143	7,21	3,01
	Re Palayaya (R80)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,59	1,02	5,15	2,15

Perhitungan Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1968)

Tabel 12. Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan

No	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des
1	Eto	mm/hari	4,21	4,36	4,59	3,72	3,12	2,95	3,51	4,44	4,59	4,60	5,04	4,25
2	Eo	mm/hari	4,63	4,79	5,05	4,09	3,44	3,24	3,86	4,88	5,05	5,06	5,54	4,68
3	P	mm/hari	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
4	M = Eo + P	mm/hari	6,63	6,79	7,05	6,09	5,44	5,24	5,86	6,88	7,05	7,06	7,54	6,68
5	T	hari	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
6	S	mm/hari	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
7	K = (M x T) / S		0,80	0,82	0,85	0,73	0,65	0,63	0,70	0,83	0,85	0,85	0,90	0,80
8	IR	mm/hari	12,08	12,19	12,35	11,75	11,34	11,23	11,60	12,24	12,35	12,36	12,66	12,11

Berikut ini adalah contoh perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan pada bulan Januari :

1. Eto = 4,21 mm/hari
2. Eo = 1,1 x 4,21 = 4,63 mm/hari
3. Perkolasi = 2 mm/hari
4. M = Eo + P = 4,63 + 2 = 6,63 mm/hari
5. T = 30 hari
6. $K = \frac{M \times T}{S} = \frac{6,63 \times 30}{250} = 0,80$
7. Kebutuhan air irigasi di tingkat sawah untuk penyiapan lahan, IR

$$IR = \frac{M \times e^K}{(e^K - 1)} = \frac{6,63 \times 2,718^{0,80}}{(2,718^{0,80} - 1)} = 12,08 \text{ mm/hari}$$

Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi

Jenis tanaman yang di tanam pada Kecamatan Bendungan daerah irigasi Bagong adalah padi dan palawija. Pola tanam yaitu Padi-Padi-Palawija dan awal tanam direncanakan seperti pada perhitungan tabel 12 berikut ini

Tabel 13. Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	Eto mm/hari	P mm/hari	WLR mm/hari	Re mm/hari	Koefisien Tanaman					Eto mm/hari	NFR mm/hari	NFR l/d/ha	DR mm/hari	DR l/d/ha
						K1	K2	K3	K						
Nov	I	5,04	2,00		0,82	LP	LP	LP	LP		12,66	13,84	1,60	21,29	2,46
	II	5,04	2,00		1,43	LP	LP	LP	LP		12,66	13,23	1,53	20,35	2,35
Des	I	4,25	2,00		7,21	LP	LP	LP	LP		12,11	6,90	0,80	10,62	1,23
	II	4,25	2,00	1,11	3,01	LP	LP	LP	LP		5,40	5,50	0,64	8,46	0,98
Jan	I	4,21	2,00	1,11	2,61	LP	LP	LP	LP		5,47	5,97	0,69	9,18	1,06
	II	4,21	2,00	2,22	5,04	LP	LP	LP	LP		5,51	4,69	0,54	7,21	0,83
Feb	I	4,36	2,00	1,11	4,59	0,00	1,30	1,30	0,87	3,79	2,31	0,27	3,55	0,41	
	II	4,36	2,00	1,11	4,24		0,00	1,30	0,43	1,89	0,76	0,09	1,17	0,14	
Mar	I	4,59	2,00		3,36			0,00	0,00	0,00	-1,36	-0,16	-2,09	-0,24	
	II	4,59	2,00		5,09	LP	LP	LP	LP		12,35	9,26	1,07	14,24	1,65
Apr	I	3,72	2,00		5,72	LP	LP	LP	LP		11,75	8,03	0,93	12,35	1,43
	II	3,72	2,00		2,65	LP	LP	LP	LP		11,75	11,10	1,28	17,07	1,97
Mei	I	3,12	2,00	1,11	1,31	LP	LP	LP	LP		3,96	5,76	0,67	8,86	1,03
	II	3,12	2,00	1,11	0,34	LP	LP	LP	LP		4,06	6,83	0,79	10,50	1,21
Jun	I	2,95	2,00	2,22	0,00	LP	LP	LP	LP		3,86	8,08	0,93	12,43	1,44
	II	2,95	2,00	1,11	0,00	LP	LP	LP	LP		2,56	5,67	0,66	8,72	1,01
Jul	I	3,51	2,00	1,11	0,00		0,00	1,30	0,43	1,52	4,63	0,54	7,12	0,82	
	II	3,51	2,00		0,00	0,50		0,00	0,17	0,60	2,60	0,30	3,99	0,46	
Agus	I	4,44	2,00		0,00	0,59	0,50		0,36	1,61	3,61	0,42	5,56	0,64	
	II	4,44	2,00		0,00	0,96	0,59	0,50	0,68	3,03	5,03	0,58	7,74	0,90	
Sep	I	4,59	2,00		0,00	1,05	0,96	0,59	0,87	3,98	5,98	0,69	9,20	1,06	
	II	4,59	2,00		0,00	1,02	1,05	0,96	1,01	4,64	6,64	0,77	10,21	1,18	
Okt	I	4,60	2,00		0,00	0,95	1,02	1,05	1,01	4,63	6,63	0,77	10,20	1,18	
	II	4,60	2,00		0,00		0,95	1,02	0,66	3,02	5,02	0,58	7,73	0,89	

Contoh perhitungan pada bulan Januari Periode I sebagai berikut :

1. Evapotranspirasi Potensial, Eto
Dilihat pada tabel 4.6 pada bulan Januari
Eto = 4,21 mm/hari
2. Perkolasi = 2 mm/hari
3. WLR

$$= 50 : n$$

$$= 50 : 15$$

$$= 3,33 \text{ mm/hari}$$

$$\text{WLR.R} = 3,33 / 3 = 1,11 \text{ mm/hari}$$

4. Re Padi yaitu pada bulan januari I sebesar 2,61 mm/hari

5. Nilai koefisien tanaman

$$K1 = 1,30$$

$$K2 = 1,33$$

$$K3 = 1,27$$

6. $K = (K1 + K2 + K3) / 3 = (1,30 + 1,33 + 1,27) / 3 = 1,30$

7. Kebutuhan air bagi tanaman, Etc

$$\text{Etc} = \text{Eto} \times K = 4,21 \times 1,30 = 5,47 \text{ mm/hari}$$

8. Kebutuhan air di sawah

$$\text{NFR} = \text{Etc} + P - \text{Re} + \text{WLR} = 5,47 + 2 - 2,61 + 1,11 = 5,97 \text{ mm/hari}$$

9. $\text{NFR} = 5,97 \times 0,1157 = 0,69 \text{ lt/dt/ha}$

10. Kebutuhan air di intake

$$\text{DR} = \frac{\text{NFR}}{\text{EI}}$$

Dimana, EI = 65 % Sesuai dengan standar perencanaan irigasi KP 01 Tahun 2013

$$\text{DR} = \frac{5,97}{0,65} = 9,18 \text{ mm/hari}$$

$$\text{DR} = 9,18 \times 0,1157 = 1,06 \text{ lt/dt/ha}$$

Tabel 14. Rekapitulasi Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	NFR	
		mm/hari	m3 / det
Nov	I	13,84	1,40
	II	13,23	1,34
Des	I	6,90	0,70
	II	5,50	0,56
Jan	I	5,97	0,60
	II	4,69	0,47
Feb	I	2,31	0,23
	II	0,76	0,08
Mar	I	-1,36	-0,14
	II	9,26	0,94
Apr	I	8,03	0,81
	II	11,10	1,12
Mei	I	5,76	0,58
	II	6,83	0,69
Jun	I	8,08	0,82
	II	5,67	0,57
Jul	I	4,63	0,47
	II	2,60	0,26
Agus	I	3,61	0,37
	II	5,03	0,51
Sep	I	5,98	0,61
	II	6,64	0,67
Okt	I	6,63	0,67
	II	5,02	0,51

Contoh perhitungan :

NFR Pada bulan Nov periode 1

$$\text{NFR (m}^3/\text{det)} = \frac{(13,84/1000) \times (875 \times 10000)}{60 \times 60 \times 24} = 1,40$$

Neraca Air

Neraca air merupakan hubungan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air. Apabila terjadi kondisi surplus artinya kebutuhan air lebih kecil daripada ketersediaan air sehingga ketersediaan air mampu memenuhi kebutuhan air. Sedangkan apabila defisit berarti kebutuhan air lebih besar dari ketersediaan airnya.

Tabel 15. Neraca Air NRECA

Bulan	Periode	Air Irigasi m ³ /det	Debit Andalan NRECA m ³ /det	Neraca Air NRECA m ³ /det	Status
JANUARI	I	0,60	0,60	0,00	
	II	0,47	1,25	0,78	Surplus
FEBRUARI	I	0,23	1,22	0,99	Surplus
	II	0,08	1,24	1,16	Surplus
MARET	I	0,00	0,79	0,79	Surplus
	II	0,94	1,23	0,29	Surplus
APRIL	I	0,81	2,18	1,37	Surplus
	II	1,12	1,07	-0,06	Defisit
MEI	I	0,58	0,30	-0,29	Defisit
	II	0,69	0,24	-0,45	Defisit
JUNI	I	0,82	0,10	-0,72	Defisit
	II	0,57	0,08	-0,49	Defisit
JULI	I	0,47	0,04	-0,43	Defisit
	II	0,26	0,01	-0,25	Defisit
AGUSTUS	I	0,37	0,01	-0,36	Defisit
	II	0,51	0,00	-0,51	Defisit
SEPTEMBER	I	0,61	0,00	-0,60	Defisit
	II	0,67	0,00	-0,67	Defisit
OKTOBER	I	0,67	0,00	-0,67	Defisit
	II	0,51	0,00	-0,51	Defisit
NOVEMBER	I	1,40	0,01	-1,39	Defisit
	II	1,34	0,25	-1,09	Defisit
DESEMBER	I	0,70	1,97	1,27	Surplus
	II	0,56	0,87	0,31	Surplus

Contoh perhitungan bulan Januari periode II

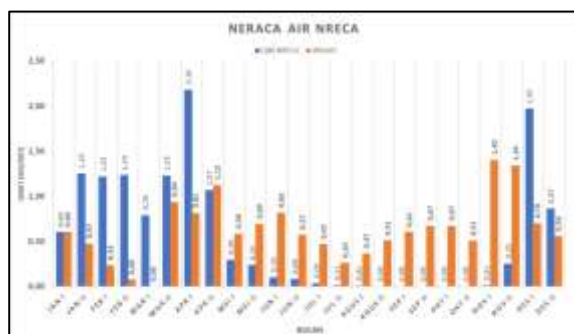
$$\text{Neraca air} = Q_{\text{ketersediaan}} - Q_{\text{kebutuhan}}$$

Dalam analisis ini $Q_{\text{ketersediaan}}$ adalah debit andalan yang sudah diperhitungkan menggunakan metode NRECA dengan Q_{80} . Dan untuk $Q_{\text{kebutuhan}}$ dalam analisis ini adalah untuk air irigasi. Sehingga perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Neraca air} = Q_{\text{ketersediaan}} - Q_{\text{kebutuhan air irigasi}}$$

$$\text{Neraca air} = 1,25 \text{ m}^3/\text{det} - 0,47 \text{ m}^3/\text{det} = 0,78 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dari perhitungan didapatkan hasil persamaan positif yang berarti kondisinya surplus/kelebihan air. Pada gambar 8 disajikan hasil grafik neraca air NRECA.



Gambar 9. Grafik Neraca Air NRECA

Dari grafik diatas dapat dilihat keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi di DAS

Bagong. Terlihat dari mulai bulan April II sampai bulan November II ketersediaan air kurang mencukupi kebutuhan air irigasi. Hal tersebut dikarenakan pada bulan tersebut musim kemarau sehingga curah hujan cenderung rendah.

Tabel 16. Neraca Air FJ.Mock

Bulan	Periode	Air Irigasi m ³ /det	Debit Andalan FJ.Mock m ³ /det	Neraca Air FJ.Mock m ³ /det	Status
JANUARI	I	0,60	0,82	0,22	Surplus
	II	0,47	1,63	1,16	Surplus
FEBRUARI	I	0,23	1,62	1,39	Surplus
	II	0,08	1,70	1,62	Surplus
MARET	I	0,00	1,30	1,30	Surplus
	II	0,94	1,61	0,67	Surplus
APRIL	I	0,81	2,48	1,67	Surplus
	II	1,12	1,24	0,12	Surplus
MEI	I	0,58	0,44	-0,14	Defisit
	II	0,69	0,32	-0,37	Defisit
JUNI	I	0,82	0,23	-0,58	Defisit
	II	0,57	0,14	-0,43	Defisit
JULI	I	0,47	0,08	-0,39	Defisit
	II	0,26	0,04	-0,22	Defisit
AGUSTUS	I	0,37	0,02	-0,35	Defisit
	II	0,51	0,01	-0,50	Defisit
SEPTEMBER	I	0,61	0,01	-0,60	Defisit
	II	0,67	0,00	-0,67	Defisit
OKTOBER	I	0,67	0,00	-0,67	Defisit
	II	0,51	0,00	-0,51	Defisit
NOVEMBER	I	1,40	0,03	-1,37	Defisit
	II	1,34	0,68	-0,66	Defisit
DESEMBER	I	0,70	3,23	2,53	Surplus
	II	0,56	1,01	0,46	Surplus

Contoh perhitungan bulan mei periode I

$$\text{Neraca air} = Q_{\text{ketersediaan}} - Q_{\text{kebutuhan}}$$

Dalam analisis ini $Q_{\text{ketersediaan}}$ adalah debit andalan yang sudah diperhitungkan menggunakan metode NRECA dengan Q_{80} . Dan untuk $Q_{\text{kebutuhan}}$ dalam analisis ini adalah untuk air irigasi. Sehingga perhitungannya sebagai berikut :

$$\text{Neraca air} = Q_{\text{ketersediaan}} - Q_{\text{kebutuhan air irigasi}}$$

$$\text{Neraca air } 0,44 \text{ m}^3/\text{det} - 0,58 \text{ m}^3/\text{det} = -0,14 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dari perhitungan didapatkan hasil persamaan adalah negatif yang berarti kondisinya defisit/kekurangan air. Pada gambar 9 disajikan hasil grafik neraca air FJ.Mock.



Gambar 10. Grafik Neraca Air FJ.Mock

Dari grafik diatas dapat dilihat keseimbangan ketersediaan air dan kebutuhan air irigasi di DAS Bagong. Terlihat mulai bulan Mei I sampai bulan November II ketersediaan air kurang mencukupi kebutuhan air irigasi. Hal tersebut dikarenakan pada bulan tersebut musim kemarau sehingga curah hujan cenderung rendah.

Neraca air setelah ada waduk bagong

Pada DAS Bagong dibangun sebuah waduk yang diharapkan dapat menampung ketersediaan air. Volume tampungan efektif dari waduk bagong ini sebesar 14 juta m^3 . Dengan adanya waduk, kekurangan air dapat dipenuhi dengan adanya volume tampungan efektif. Sehingga perlu dihitung neraca air setelah adanya waduk bagong. Berikut contoh perhitungan pada bulan Januari periode I :

Kebutuhan air irigasi = $0,60 \text{ m}^3/\text{det}$
 $= 0,60 \times 60 \times 24 \times 15 = 0,78 \times 10^6 \text{ m}^3$

Debit andalan NRECA = $0,60 \text{ m}^3/\text{det}$
 $= 0,60 \times 60 \times 24 \times 15 = 0,78 \times 10^6 \text{ m}^3$

Ketersediaan air = Vol. tampungan efektif + debit andalan = $14 \times 10^6 \text{ m}^3$

+ $0,78 \times 10^6 \text{ m}^3 = 14,78 \times 10^6 \text{ m}^3$

Neraca air = Ketersediaan air – kebutuhan air irigasi

Neraca air = $14,78 \times 10^6 \text{ m}^3 - 0,78 \times 10^6 \text{ m}^3 = 14 \times 10^6 \text{ m}^3$

Rekapan perhitungan dapat dilihat pada tabel 17 dan tabel 18

Tabel 17. Neraca Air Waduk NRECA

Bulan	Periode	Air Irigasi		Debit Andalan NRECA		Vol. tampungan efektif	Ketersediaan Air	Neraca Air Waduk
		m^3/det	10^6 m^3	m^3/det	10^6 m^3	10^6 m^3	10^6 m^3	10^6 m^3
JANUARI	I	0,60	0,78	0,60	0,78	14	14,78	14,00
	II	0,47	0,66	1,25	1,73	14	15,73	15,07
FEBRUARI	I	0,23	0,30	1,22	1,58	14	15,58	15,28
	II	0,08	0,09	1,24	1,39	14	15,39	15,30
MARET	I	0,00	0,00	0,79	1,03	14	15,03	15,03
	II	0,94	1,30	1,23	1,69	14	15,69	14,40
APRIL	I	0,81	1,05	2,18	2,83	14	16,83	15,77
	II	1,12	1,46	1,07	1,38	14	15,38	13,93
MEI	I	0,58	0,76	0,30	0,38	14	14,38	13,63
	II	0,69	0,96	0,24	0,33	14	14,33	13,37
JUNI	I	0,82	1,06	0,10	0,13	14	14,13	13,07
	II	0,57	0,74	0,08	0,11	14	14,11	13,36
JULI	I	0,47	0,61	0,04	0,05	14	14,05	13,44
	II	0,26	0,36	0,01	0,02	14	14,02	13,66
AGUSTUS	I	0,37	0,47	0,01	0,01	14	14,01	13,53
	II	0,51	0,70	0,00	0,00	14	14,00	13,30
SEPTEMBER	I	0,61	0,78	0,00	0,00	14	14,00	13,22
	II	0,67	0,87	0,00	0,00	14	14,00	13,13
OKTOBER	I	0,67	0,87	0,00	0,00	14	14,00	13,13
	II	0,51	0,70	0,00	0,00	14	14,00	13,30
NOVEMBER	I	1,40	1,82	0,01	0,01	14	14,01	12,20
	II	1,34	1,74	0,25	0,33	14	14,33	12,59
DESEMBER	I	0,70	0,91	1,97	2,55	14	16,55	15,65
	II	0,56	0,77	0,87	1,20	14	15,20	14,43

Tabel 18. Neraca Air Waduk FJ.Mock

Bulan	Periode	Air Irigasi		Debit Andalan FJ.Mock		Vol. tampungan efektif	Ketersediaan Air	Neraca Air Waduk
		m^3/det	10^6 m^3	m^3/det	10^6 m^3	10^6 m^3	10^6 m^3	10^6 m^3
JANUARI	I	0,60	0,78	0,82	1,07	14	15,07	14,28
	II	0,47	0,66	1,63	2,25	14	16,25	15,69
FEBRUARI	I	0,23	0,30	1,62	2,10	14	16,10	15,80
	II	0,08	0,09	1,70	1,91	14	15,91	15,82
MARET	I	0,00	0,00	1,30	1,68	14	15,68	15,68
	II	0,94	1,30	1,61	2,22	14	16,22	14,93
APRIL	I	0,81	1,05	2,48	3,22	14	17,22	16,16
	II	1,12	1,46	1,24	1,61	14	15,61	14,16
MEI	I	0,58	0,76	0,44	0,57	14	14,57	13,81
	II	0,69	0,96	0,32	0,44	14	14,44	13,49
JUNI	I	0,82	1,06	0,23	0,30	14	14,30	13,24
	II	0,57	0,74	0,14	0,18	14	14,18	13,44
JULI	I	0,47	0,61	0,08	0,11	14	14,11	13,50
	II	0,26	0,36	0,04	0,05	14	14,05	13,69
AGUSTUS	I	0,37	0,47	0,02	0,03	14	14,03	13,55
	II	0,51	0,70	0,01	0,01	14	14,01	13,31
SEPTEMBER	I	0,61	0,78	0,01	0,01	14	14,01	13,22
	II	0,67	0,87	0,00	0,00	14	14,00	13,13
OKTOBER	I	0,67	0,87	0,00	0,00	14	14,00	13,13
	II	0,51	0,70	0,00	0,00	14	14,00	13,30
NOVEMBER	I	1,40	1,82	0,03	0,04	14	14,04	12,23
	II	1,34	1,74	0,68	0,88	14	14,88	13,15
DESEMBER	I	0,70	0,91	3,23	4,18	14	18,18	17,28
	II	0,56	0,77	1,01	1,40	14	15,40	14,63

Uji Kesesuaian Metode

Uji kesesuaian metode ini dilakukan dengan membandingkan hasil debit model dan debit observasi seadanya. Tujuan dari uji kesesuaian metode adalah menentukan hasil metode debit mana yang sesuai dengan DAS Bagong. Uji kesesuaian metode dengan

menggunakan metode uji NSE (*Nash-Sutcliffe*). Perhitungan uji NSE dilakukan pertahun kemudian diambil rata-rata nilai NSE.

Tabel 19. Uji NSE Debit NRECA Tahun 2002

Bulan	Qobs	Qm	$(Qobs - Qm)^2$	$(Qobs - Qobs)^2$
Jan	3,22	4,45	1,51	0,02
	8,49	5,30	10,17	29,22
Feb	8,35	7,01	1,81	27,72
	5,57	4,44	1,27	6,18
Mar	7,30	6,38	0,85	17,77
	6,19	4,98	1,47	9,64
Apr	5,71	5,01	0,49	6,89
	8,02	7,82	0,04	24,36
Mei	3,41	1,84	2,46	0,11
	2,51	0,50	4,04	0,33
Jun	2,18	0,21	3,87	0,82
	1,79	0,09	2,91	1,68
Jul	1,48	0,03	2,09	2,57
	1,17	0,01	1,34	3,67
Agus	1,04	0,01	1,07	4,18
	0,84	0,00	0,70	5,04
Sept	0,76	0,00	0,58	5,40
	0,65	0,00	0,42	5,93
Okt	0,57	0,00	0,32	6,32
	0,49	0,00	0,24	6,73
Nov	0,46	0,00	0,21	6,89
	0,42	0,00	0,18	7,10
Des	0,38	0,99	0,37	7,31
	3,03	2,37	0,43	0,00
Qobs	3,08			
Σ			38,85	185,88
NSE			0,79	

Contoh Perhitungan :

$$NSE = 1 - \frac{(\sum Qobs - Qm)^2}{(\sum Qobs - Qobs)^2}$$

$$NSE = 1 - \frac{38,85}{185,88}$$

$$NSE = 1 - 0,21$$

$$NSE = 0,79$$

Tabel 20. Uji NSE Debit FJ.Mock Tahun 2002

Bulan	Qobs	Qm	$(Qobs - Qm)^2$	$(Qobs - Qobs)^2$
Jan	3.22	3.47	0.06	0.02
	8.49	10.86	5.62	29.22
Feb	8.35	9.34	0.97	27.72
	5.57	5.52	0.00	6.18
Mar	7.30	7.82	0.27	17.77
	6.19	5.76	0.18	9.64
Apr	5.71	5.76	0.00	6.89
	8.02	8.91	0.79	24.36
Mei	3.41	2.10	1.72	0.11
	2.51	0.62	3.56	0.33
Jun	2.18	0.33	3.41	0.82
	1.79	0.17	2.64	1.68
Jul	1.48	0.08	1.95	2.57
	1.17	0.04	1.28	3.67
Agus	1.04	0.02	1.04	4.18
	0.84	0.01	0.69	5.04
Sept	0.76	0.01	0.57	5.40
	0.65	0.00	0.42	5.93
Okt	0.57	0.00	0.32	6.32
	0.49	0.00	0.24	6.73
Nov	0.46	0.00	0.21	6.89
	0.42	0.00	0.18	7.10
Des	0.38	2.63	5.06	7.31
	3.03	4.85	3.31	0.00
Qobs	3.08			
Σ			34.50	185.88
NSE			0.81	

Contoh Perhitungan :

$$NSE = 1 - \frac{(\sum Q_{obs} - Q_m)^2}{(\sum Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2}$$

$$NSE = 1 - \frac{34,46}{185,88}$$

$$NSE = 1 - 0,19$$

$$NSE = 0,81$$

Rekapitulasi hasil perhitungan uji NSE metode NRECA dan FJ.Mock sebagai berikut :

Tabel 21. Hasil Uji NSE NRECA dan FJ.Mock

Tahun	NSE NRECA	NSE FJ. MOCK
2002	0,79	0,81
2003	0,84	0,55
2004	0,42	-0,80
2005	0,80	0,36
2006	0,80	0,59
Rata-Rata	0,73	0,30

Dari hasil nilai uji NSE didapatkan nilai NSE yang berbeda-beda. Kemudian dari nilai NSE dirata-rata dan dilihat pada standar kriteria nilai NSE pada tabel 2.7. Hasil uji NSE menunjukkan bahwa bahwa metode NRECA dengan nilai NSE 0,73 yang artinya hasil pemodelan baik. Sedangkan nilai NSE FJ.Mock yaitu 0,30 yang artinya pemodelan kurang memuaskan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Debit andalan Q_{80} metode NRECA didapatkan debit maksimal yaitu 2,18 m^3 /detik pada bulan april I dan debit minimal yaitu 0,00 m^3 /detik. Sedangkan Debit andalan Q_{80} metode FJ.Mock didapatkan debit maksimal yaitu 3,23 m^3 /detik pada bulan desember I dan debit minimal yaitu 0,00 m^3 /detik.
2. Dengan luas daerah irigasi bagong 875 ha dan pola tata tanam padi-padi-palawija didapatkan kebutuhan air irigasi maksimal 1,40 m^3 /detik pada bulan November I. Dan total kebutuhan air irigasi selama satu tahun yaitu 14,86 m^3 /detik.
3. Neraca air dengan debit andalan Q_{80} metode NRECA menghasilkan hasil defisit pada bulan April II hingga November II. Sedangkan Neraca air dengan debit andalan Q_{80} metode FJ.Mock menghasilkan hasil defisit pada bulan Mei I hingga November II. Dari analisis neraca air waduk dengan volume tampungan 14 juta m^3 dapat memenuhi kekurangan air yang terjadi.

Hasil uji NSE metode NRECA dengan nilai NSE 0,73 yang artinya hasil pemodelan baik dan FJ.Mock dengan nilai NSE 0,30 yang artinya hasil pemodelan kurang memuaskan. Sehingga dapat disimpulkan metode NRECA lebih sesuai dengan DAS Bagong.

Saran

1. Nantinya sangat diperlukan pengaturan dan pemeliharaan waduk agar dapat memenuhi kebutuhan air irigasi di daerah irigasi bagong.
2. Sebelum adanya waduk bagong untuk pemenuhan irigasi yang defisit dapat dilakukan solusi yaitu mengurangi luas area irigasi, melakukan pembagian air irigasi secara rotasi/golongan
3. Pemerintah Trenggalek meningkatkan pelaksanaan pengaturan air secara lebih profesional yang dilengkapi dengan pedoman alokasi air

DAFTAR PUSTAKA

- BBWS Brantas, (2018) *Brosur Data Teknis Bendungan Bagong*
- Davidoff, D. D. (2016). *ANALISIS WATER BALANCE DAS SERAYU BERDASARKAN DEBIT SUNGAI UTAMA*.
- Dinas Pengairan. (2017). *Modul_10_Kebutuhan_Air*. Direktorat Jendral SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Indarto. (2012). *Hidrologi: Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kementrian PUPR, (2020) Menteri PUPR Ungkap Alasan Jokowi Banyak Bangun Bendungan.
- Limantara. (2018). *Rekayasa Hidrologi*. Penerbit Andi
- Nauval, (2021) *Inilah Potensi Bendungan Pertama di Trenggalek yang Diresmikan Presiden Jokowi*. Diakses dari <https://momentum.cm/inilah-potensi-bendungan-pertama-di-trenggalek-yang-diresmikan-presiden-jokowi>
- SNI 6728.1-2015. (n.d.). Retrieved October 18, 2022, from <https://wiac.info/docview>
- Van de goor G.A.W dan Zijlstra G. (1968) *Irrigation Requirement for Doublecropping of Lowland Rice in Malay*

