

**Analisis Debit Andalan Pada Sungai Pacal Di Hulu Bendung Klepek Untuk  
Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Daerah Irigasi Pacal Kiri)**

*Analysis of Mainstay Discharge on Pacal River In Upper Klepek Weir For Irrigation Water  
Needs (Case study of Pacal Kiri Irrigation Area)*

**Awang Setiawan<sup>1</sup>, Mushthofa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

**Abstrak**

Kekeringan dan kurangnya suplay pembagian air dimusim kemarau masih menjadi sebuah permasalahan yang dialami oleh banyak petani khususnya petani yang berada di daerah irigasi sungai Pacal selain itu kurangnya pemahaman masyarakat tentang RTTG ( Rencana Tata tanam Global) mengakibatkan kurang maksimalnya hasil dan gagalnya panen. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kebutuhan irigasi dan besarnya debit andalan di daerah irigasi Pacal kiri. Perhitungan dan Analisis kebutuhan air irigasi menggunakan metode FPR-LPR sedangkan untuk debit andalan menggunakan metode FJ Mock dan Basic year karakteristik aliran. Dari hasil analisis didapatkan bahwa kebutuhan air irigasi di daerah irigasi pacal kiri  $\pm 5.918$  m<sup>3</sup>/Ha. Debit tahun kering keandalan (97.30%) didapatkan debit maksimum sebesar 11.49 m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0.01 m<sup>3</sup> /dt dengan debit rata-rata sebesar 3.34 m<sup>3</sup>/dt. Debit tahun rendah keandalan (75.34%) didapatkan debit maksimum sebesar 10.76m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0.04 m<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/dt dengan debit rata-rata sebesar 3.79 m<sup>3</sup>/dt. Debit tahun normal keandalan (50.68%) didapatkan debit maksimum sebesar 14.22 m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0.08 m<sup>3</sup>/dt dengan debit rata-rata sebesar 5.60 m<sup>3</sup>/dt. Debit tahun cukup keandalan (26.02%) didapatkan debit maksimum sebesar 10.34 m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0.76 m<sup>3</sup>/dt dengan debit rata- rata sebesar 5.52 m<sup>3</sup>/dt.

**Kata kunci** : Daerah Irigasi, Debit Andalan, Fj Mock dan Basic year karekteristik aliran

**Abstract**

*Drought and lack of water distribution in the dry season are still a problem addressed by many farmers, especially farmers who are in the Pacal river irrigated area, besides that the lack of public understanding of RTTG (Global Planting Plan) results in less than optimal yields and crop failure. The purpose of this study is to determine irrigation needs and the amount of mainstay discharge in the left Pacal irrigation area. Calculation and analysis of irrigation water needs using the FPR and LPR methods while for mainstay discharges using the FJ Mock and Basic year methods of flow characteristics. From the results of the analysis, it was found that the need for irrigation water in the left pacal irrigation area  $\pm 5,918$  m<sup>3</sup> / Ha. The reliability dry year discharge (97.30%) obtained a maximum discharge of 11.49 m<sup>3</sup>/s, a minimum discharge of 0.01 m<sup>3</sup> /s with an average discharge of 3.34 m<sup>3</sup>/s. Low-reliability discharge (75.34%) obtained a maximum discharge of 10.76m<sup>3</sup>/s, a minimum discharge of 0.04 m<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/s with an average discharge of 3.79 m<sup>3</sup>/s. The normal year discharge of reliability (50.68%) obtained a maximum discharge of 14.22 m<sup>3</sup>/s, a minimum discharge of 0.08 m<sup>3</sup>/s with an average discharge of 5.60 m<sup>3</sup>/s. Year discharge*

*is quite reliable (26.02%) obtained a maximum discharge of 10.34 m<sup>3</sup>/s, a minimum discharge of 0.76 m<sup>3</sup>/s with an average discharge of 5.52 m<sup>3</sup>/s.*

**Keywords :** *Irrigation Area, Mainstay Discharge, Fj Mock and Basic year flow characteristics*

## **1. Pendahuluan**

Daerah Irigasi Pacal memiliki area layanan irigasi seluas 16.688 ha dengan kondisi ekstising luas realisasi tanam padi pada musim hujan MH 1 sebesar 15.096 ha dan terjadi penurunan pada musim kemarau satu MK 1 menjadi 14.582 ha serta pada musim kemarau dua MK 2 menjadi 9.091 ha. Luas tersebut terbagi menjadi dua yaitu Daerah Irigasi Pacal Kanan seluas 14.659 hektar dan Daerah Irigasi Pacal Kiri seluas 1965 hektar. Suplay air daerah irigasi ini berasal dari Waduk Pacal. Waduk Pacal merupakan waduk yang bersifat musiman atau tadah hujan sehingga perlu pengaturan air yang terpola dengan baik untuk kebutuhan pertanian khususnya di daerah irigasi Pacal kiri yang berada di Sukosewu, Sumberjo Kidul, Kalisat, Sidorejo, Bendo, Kapas, Kedaton, dan juga Plesungan. Bendung Klepek merupakan sebuah bendung utama yang menjadi pusat pembagian air sungai dari Pacal untuk kebutuhan pelayanan irigasi khususnya persawahan (DPU SDA Bojonegoro, 2021).

Setiap tahun kebutuhan air Daerah Irigasi Pacal Kiri semakin besar, dan pengambilan air secara ilegal untuk area persawahan non teknis merupakan masalah yang selalu dialami oleh para petani dan juga warga masyarakat saluran Pacal kiri. Besar kecilnya debit sungai sangat berpengaruh terhadap kegiatan dan juga hasil panen sehingga diperlukan debit andalan yang harus tetap ada meskipun musim kemarau tiba. Kurangnya pemahaman masyarakat tentang RTTG (Rencana Tata tanam Global) mengakibatkan kurang maksimalnya hasil dan gagalnya panen, pada saat memasuki musim tanam pertama/ MT 1 petani tidak mengalami kesulitan dalam mendapatkan air untuk kebutuhan tanaman karena memasuki musim penghujan. Akan tetapi saat memasuki musim tanam kedua/ MT 2 petani sudah mulai menggunakan air dari Sungai Pacal dikarenakan tidak meratanya curah hujan, dan saat memasuki musim tanam ketiga/MT 3 petani mengalami kesulitan dalam mendapatkan air guna memenuhi kebutuhan air tanaman dikarenakan pada saat musim tanam tiga sudah memasuki musim kemarau dan pada musim ini petani sangat bergantung dengan suplay air dari Sungai Pacal. Dari uraian latar belakang yang ada diperlukan adanya penelitian mengenai besaran debit andalan dan perhitungan kebutuhan air untuk irigasi persawahan di daerah irigasi Pacal kiri sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui besarnya kebutuhan air untuk daerah irigasi Pacal kiri dan besarnya debit andalan yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

## 2. Kajian Pustaka

### 2.1 Curah Hujan

Data Hujan yang kita peroleh perlu diuji kelayakannya terlebih dahulu sebelum diolah dikarenakan dalam suatu rangkaian data pengamatan hujan, dapat timbul ketidak konsistenan, yang dapat mengakibatkan kekeliruan pada penyimpangan dan perhitungan.

#### 1. Analisis Kurva Massa Ganda

Apabila tersedia data curah hujan tahunan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang, maka kurva massa ganda dapat digunakan untuk memperbaiki kesalahan pengamatan yang terjadi yang disebabkan oleh perubahan posisi atau cara pemasangan yang tidak baik dari alat ukur curah hujan (Bagiawan *et al*, 2011).

#### 2. Uji Ketidakadaan Trend

Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya trend maka datanya tidak disarankan untuk digunakan dalam analisa hidrologi (Nurdiyanto *et al*, 2016). Salah satu cara untuk menguji ketidakadaan trend dalam deret berkala menggunakan koefisien korelasi peringkat metode *Spearman* (Alby, 2018), yang dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n}$$
$$t = KP - \left( \frac{n-2}{1-KP^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Keterangan:

- KP = Koefisien korelasi peringkat dari *Spearman*
- N = Jumlah data
- dt =  $R_t - T_t$
- $T_t$  = Peringkat dari waktu
- $R_t$  = Peringkat dari variable hidrologi
- t = Nilai distribusi t dengan derajat kepercayaan 5%
- dk = Derajat kebebasan (n-2)

### 2.2 Klimatologi

Klimatologi yang diperlukan dalam perencanaan adalah besarnya evapotranspirasi potensial. Rumus yang digunakan untuk menghitung evapotranspirasi adalah rumus Penman Modifikasi yang dinyatakan dengan:

$$E_{t0} = C \times E_T^*$$

$$E_T^* = w (0,75 R_s - R_{nl}) + (1 - w) f(u) (e_a - e_d)$$

Dimana :

$w$  = faktor yang berhubungan dengan temperatur (T) dan elevasi daerah.

$R_s$  = Radiasi gelombang pendek dalam satuan evaporasi (mm/hari) =  $(0,25 + 0,54 n/N) R_a$

$R_a$  = Radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer(angka angot) yang dipengaruhi oleh letak lintang daerah.

$R_{nl}$  = Radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari) =  $f(t) \times f(ed) \times f(n/N)$

$f(t)$  = Fungsi suhu (Tabel 2.3 )

$f(ed)$  = Fungsi tekanan uap =  $0,34 - 0,44 \times \sqrt{(ed)}$

$f(n/N)$  = Fungsi kecerahan =  $0,1 + 0,9 n/N$

$f(u)$  = Fungsi dari kecepatan angin pada ketinggian 2 m dalam satuan(m/dt)  
=  $0,27 (1 + 0,864 u)$

$U$  = Kecepatan angin (m/dt)

$(e_a - e_d)$  = Perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya

$e_d$  =  $e_a \times R_h$

$R_H$  = Kelembaban udara relatif (%)

$E_a$  = Tekanan uap jenuh (mbar)

$E_d$  = Tekanan uap sebenarnya (mbar)

$C$  = Angka koreksi Penman yang memasukkan harga perbedaan kondisi cuaca siang dan malam

### 2.3 Kebutuhan Air Irigasi

Metode FPR-LPR merupakan metode perhitungan kebutuhan air irigasi yang berkembang di Jawa Timur (Putri *et al*, 2015). Nilai LPR adalah perbandingan kebutuhan air antara jenis tanaman satu dengan jenis tanaman lainnya. Tanaman pembanding yang digunakan adalah palawija yang mempunyai nilai 1 (satu).

$$FPR = \frac{Q}{LPR}$$

Dimana :

FPR : Faktor Palawija Relatif (ltr/det/ha.pol)

Q : Debit yang mengalir di sungai (ltr/det)

LPR : Luas Palawija Relatif (ha.pol)

**Tabel 1. Koefisien pembanding LPR**

Jenis tanaman	Koefisien pembanding
Palawija	1
Padi rending	
d. Persemaian/pembibitan	20
e. Garap/pengolahan tanah	6
f. Pertumbuhan/pemeliharaan	4
Padi gadu ijin	Sama dengan padi rending
Padi gadu tidak ijin	1
Tebu	
c. Bibit/muda	1,5
d. Tua	1
Tembakau/rosella	0
Pengisian tambak (tambak sawah)	3

Sumber: DPU Tingkat I Jawa Timur, 1997

## 2.4 Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit minimal yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk memenuhi kebutuhan air (Syahputra & Rahmawati, 2015). Perhitungan debit andalan metode FJ Mock menyatakan bahwa hujan yang jatuh diatas tanah (*presipitasi*) sebagian akan hilang karena penguapan (*evaporasi*), sebagian akan hilang sebagai aliran permukaan (*direct run off*) dan sebagian akan masuk tanah (*infiltrasi*) (Lalu Ardhian, 2008). Infiltrasi mula-mula menjenuhkan permukaan (*top soil*) yang kemudian menjadi perkolasi dan akhirnya keluar ke sungai sebagai base flow. Metode F J.Mock dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = 0,0116 \cdot R_o \cdot A/H$$

Dimana :

Q : Debit Andalan

A : Luas DAS (km<sup>2</sup>)

Ro : Aliran Permukaan (mm)

H : Jumlah Hari Dalam Kalender Sebulan

Penentuan debit andalan menggunakan metode tahun penentu (*basic year*) dengan menentukan suatu tahun tertentu sebagai dasar perencanaan (Chahayati & Sutrisno, 2014). Selain itu, perhitungan debit andalan juga menggunakan metode karakteristik aliran dengan memakai data yang didapatkan berdasar karakteristik alirannya (Retnowati, 2018). Debit sungai dapat dibagi menjadi empat karakteristik debit sungai antara lain:

- Debit air cukup, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam setahun (P = 26.02%).
- Debit air normal, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam

setahun ( $P = 50.68\%$ ).

- c. Debit air rendah, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam setahun ( $P = 75.34\%$ )
- d. Debit air kering, yaitu debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam setahun ( $P = 97.30\%$ )

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

Dimana :

m = Nomer Urut Data

n = Jumlah Data

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Data Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari Balai Besar Sungai Bengawan Solo. Data curah hujan yang didapatkan sebelum diolah menjadi data debit aliran sungai (*FJ. Mock*) dan curah hujan efektif, diperlukan pengujian data curah hujan. Dengan data yang tersedia selama 10 tahun terakhir, pada 1 lokasi stasiun hujan pada studi ini dilakukan pengujian data dengan menggunakan Kurva Massa Ganda dan Uji ketiadaan trend.

#### 3.2 Data Klimatologi

Data klimatologi yang didapatkan dari Stasiun Klimatologi Padangan diolah untuk mendapatkan nilai evaporasi potensial. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode Penman dikarenakan dalam perhitungannya menggunakan banyak parameter yang dianggap menambah kevalidan dari perhitungan.

#### 3.3 Kebutuhan Air Irigasi

Jumlah kebutuhan air guna memenuhi kebutuhan air irigasi dapat ditentukan dengan langkah sebagai berikut.

1. Menentukan luas lahan untuk padi dan palawija pada musim tanam 1, musim tanam 2, dan musim tanam 3, dari data rencana tata tanam global pada kabupaten Bojonegoro.
2. Menentukan luas tanaman dalam masa pembibitan.
3. Menentukan luas pengolahan tanah (garap tanah).
4. Menghitung nilai FPR berdasarkan jenis tanah di lokasi study.
5. Menghitung koefisien LPR untuk setiap fase tanaman.
6. Menghitung kebutuhan irigasi dan palawija berdasarkan koefisien LPR setiap fase dengan

nilai FPR berdsarkan jenis tanah.

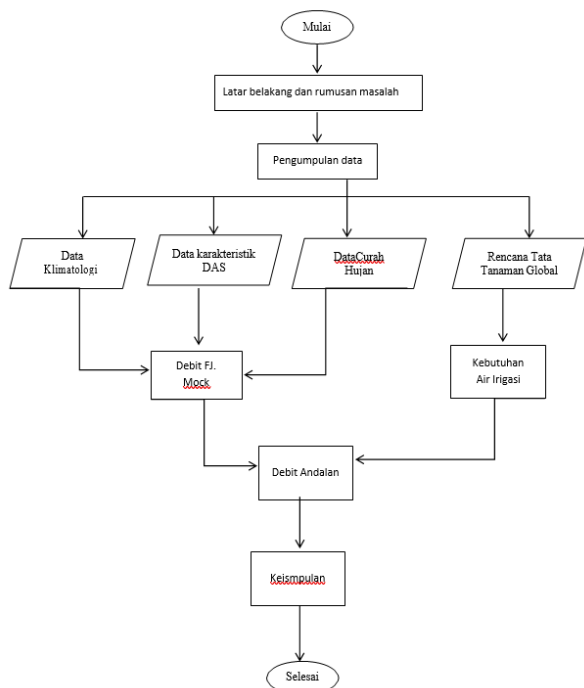
- Menentukan kebutuhan air irigasi di intake untuk setiap periode.

### 3.4 Debit Andalan

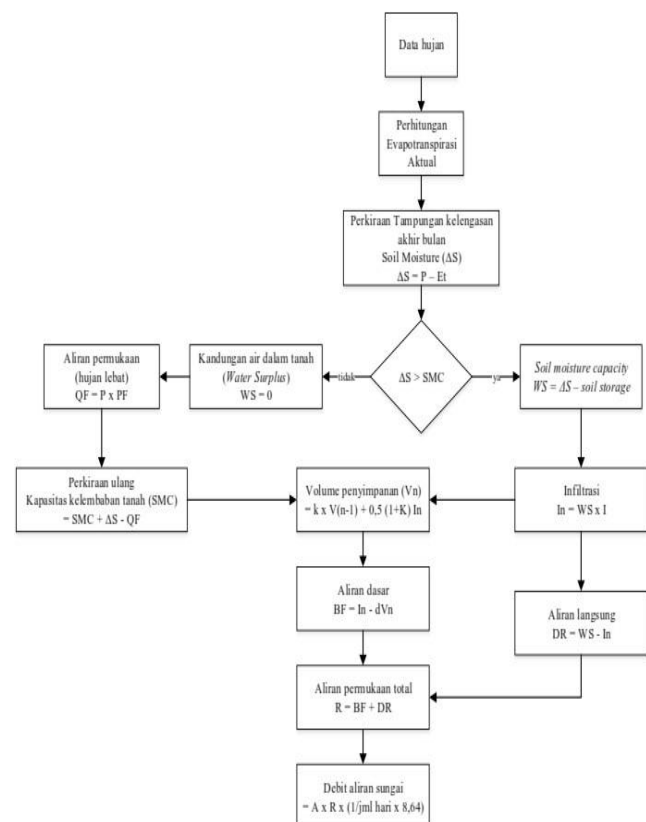
Untuk Analisa debit FJ. Mock perlu diketahui dahulu curah hujan harian, jumlah hari, dan curah hujan maksimal. Ketersediaan debit FJ. Mock juga memperhatikan kondisi tata guna lahan, koefisien infiltrasi, kapasitas kelembapan tanah (*soil moisture capacity*), *initial stroage* (besarnya volume air), dan faktor resesi tanah (kandungan air tanah). Debit FJ.Mock inilah yangnantinya digunakan untuk menghitung debit andalan (*inflow*).

Debit andalan merupakan debit yang tersedia untuk keperluan irigasi sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Langkah-langkah untuk menentukan debit andalan adalah dengan mengurutkan data debit per periode dari besar ke kecil, menghitung probabilitas untuk setiap data yang terurut dengan menggunakan persamaan Weibull, dan menentukan debit andalan berdasarkan karakteristik aliran.

Untuk lebih mengerti alur penelitian dan proses perhitungan dengan menggunakan Metoda FJ. Mock dapat dilihat pada diagram Gambar 3.1 dan 3.2 berikut.



Gambar 1. Bagan alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir FJ. Mock

## 4. Hasil Dan Pembahasan

### 4.1 Curah Hujan

Banyaknya data hujan yang dipakai untuk keperluan perhitungan curah hujan efektif pada tanaman padi palawija dan analisis Fj.Mock adalah minimal 10 tahun data curah hujan bulanan yang terdapat di pos stasiun hujan Tretes, pos stasiun hujan Dander, dan pos stasiun hujan Klepek. Data hujan yang ada dilakukan uji konsistensi dengan metode Kurva Masa Ganda dan uji ketiadaan trend dengan metode Uji Korelasi Peringkat Spearman. Dari uji konsistensi didapatkan hasil bahwa data hujan bisa dikatakan Panggah atau konsisten dan untuk uji ketiadaan tren didapatkan bahwa tidak menunjukkan ketiadaan trend pada pos hujan Klepek.

### 4.2 Klimatologi

Pengolahan data *klimatologi* diperlukan untuk menghitung nilai evaporasi potensial (Eto) dengan menggunakan metode yang sesuai dengan data yang tersedia. Besarnya evapotranspirasi potensial pada studi ini dihitung menggunakan metode penman modifikasi. Besarnya *evapotranspirasi* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu suhu (t), kelembaban relatif (Rh), kecerahan matahari (n/N), kecepatan angin (u), dan posisi geografi lokasi yang ditinjau. Data *Klimatologi* di Stasiun Padangan pada Tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 3 dan rekapitulasi setiap tahunnya pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 2. Perhitungan data klimatologi**

No	Parameter	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
<b>I Data</b>														
1	Suhu, T	(°C)	29.4	29.3	29.4	28.8	29.1	28.6	28.6	29.5	30.5	29.9	29.9	28.3
2	Kelembaban Relatif, RH	(%)	97.6	97.5	97.7	95.9	97.8	95.4	97.2	96.1	96.4	95.5	97.6	95.5
3	Lama Penyinaran, n/N	(%)	39.4	56.2	47.8	51.6	67	35.1	6.1	44.7	78.1	59.2	62.8	38.1
4	Kecepatan angin, u	(km/hr)	3.5	4.1	8.5	7.1	14.8	13.4	16.2	26.4	29.2	50.5	32.5	2.7
		(m/dt)	0.9722222	1.138889	2.361111	1.972222	4.111111	3.722222	4.5	7.333333	8.111111	14.02778	9.027778	0.75
5	Letak Lintang	° LS	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>II Perhitungan</b>														
1	Tekanan uap nyata, ea	(mbar)	41.02	40.79	41.02	39.61	40.31	39.14	39.14	41.25	43.65	42.17	42.17	38.48
2	Tekanan uap jenuh, ed	(mbar)	40.04	39.77	40.08	37.99	39.42	37.34	38.04	39.64	42.08	40.27	41.16	36.74
3	Perbedaan tekanan uap, ea - ed	(mbar)	0.98	1.02	0.94	1.62	0.89	1.80	1.10	1.61	1.57	1.90	1.01	1.73
4	Fungsi angin, f(u)	(m/dt)	0.50	0.54	0.82	0.73	1.23	1.14	1.32	1.98	2.16	3.54	2.38	0.44
5	Faktor pembobot (1 - W)		0.22	0.22	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23
6	Radiasi ekstra terestrial, Ra		15.95	16.05	15.55	14.55	13.25	12.60	12.90	13.85	14.95	15.75	15.90	15.85
7	Radiasi gelombang pendek, Rs	(mm/hr)	3.64	5.12	4.26	4.30	5.04	2.64	0.67	3.59	6.56	5.28	5.64	3.51
8	Radiasi netto gelombang pendek, Rns	(mm/hr)	2.73	3.84	3.20	3.23	3.78	1.98	0.51	2.69	4.92	3.96	4.23	2.63
9	Radiasi netto gelombang panjang, Rnl	(mm/hr)	0.00	0.00	0.00	0.64	0.37	0.49	0.17	0.00	0.01	0.00	0.00	0.53
10	Radiasi netto, Rn	(mm/hr)	2.73	3.84	3.19	2.59	3.41	1.49	0.33	2.69	4.90	3.96	4.23	2.10
11	Faktor pembobot untuk Rn, W		0.78	0.78	0.78	0.77	0.78	0.77	0.77	0.78	0.79	0.78	0.78	0.77
12	Faktor koreksi, c		1.10	1.10	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10
13	Potensial Evapotranspirasi, ETo	(mm/hr)	2.23	3.10	2.65	2.27	2.89	1.62	0.58	2.80	4.58	4.57	3.83	1.80
14	Eto	(mm/hr)	2.45	3.41	2.65	2.04	2.60	1.46	0.53	2.80	5.04	5.03	4.21	1.98

Sumber. Hasil perhitungan

**Tabel 3. Rekapitulasi Eto**

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2003	3.16	2.37	2.57	2.44	2.13	2.67	4.04	4.34	5.24	4.84	3.67	1.84
2004	2.71	2.34	2.12	2.83	2.73	2.97	2.46	3.65	6.32	5.48	4.56	1.59
2005	1.31	1.40	1.05	0.00	1.61	0.00	1.40	1.94	2.75	2.16	5.95	0.00
2006	0.67	2.96	1.63	2.14	1.94	2.17	4.54	5.69	6.44	7.48	6.72	1.42
2007	3.20	2.58	1.11	0.00	2.30	2.31	2.48	6.25	6.13	5.45	0.40	1.79
2008	0.49	0.59	0.46	0.24	0.37	0.74	0.50	1.40	1.23	3.16	1.72	2.25
2009	2.49	0.40	2.27	0.89	0.54	0.28	2.02	3.32	4.60	2.26	1.81	2.96
2010	1.77	2.15	1.66	0.88	0.53	0.32	0.57	2.27	3.00	2.98	2.92	1.25
2011	0.54	0.51	0.39	0.27	0.21	0.37	0.67	0.96	1.51	1.12	0.23	0.23
2012	1.61	2.81	2.33	2.41	0.69	0.62	1.00	2.75	5.35	4.20	2.95	3.30
2013	2.44	2.69	2.84	2.07	0.74	0.42	0.53	2.80	5.51	4.74	3.38	1.63
2014	1.65	2.39	3.56	2.44	0.95	-0.93	0.53	2.80	5.05	5.02	3.38	1.63
2015	2.45	3.41	2.65	2.04	2.60	1.46	0.53	2.80	5.04	5.03	4.21	1.98
Rerata	1.88	2.05	1.90	1.44	1.33	1.03	1.63	3.15	4.47	4.15	3.22	1.68

Sumber. Hasil perhitungan

Rata-rata hasil perhitungan evaporasi potensial bulan Januari sebesar 1.88, Februari sebesar 2.05, Maret sebesar 1.90, April sebesar 1.44, Mei sebesar 1.33, Juni sebesar 1.03, Juli sebesar 1.63, Agustus sebesar 3.15, September sebesar 4.47, Oktober sebesar 4.15, November 3.22, dan Desember sebesar 1.68.

### 4.3 Kebutuhan Air

Kebutuhan air irigasi yang dilayani Waduk Pacal berdasarkan Data Rencana Tata Tanam Global (RTTG) 2018/2019 Kabupaten Bojonegoro yang dibuat oleh Dinas PU Pengairan Kabupaten Bojonegoro pada Daerah Irigasi (D.I) Pacal Kiri yang memiliki total luas lahan sebesar 2,020 Ha dengan masa tanam yang berlaku di Kabupaten Bojonegoro yaitu Musim Tanam 1, Musim Tanam 2, dan Musim Tanam 3. Kebutuhan air irigasi dihitung untuk mengetahui berapa kebutuhan air irigasi pada daerah irigasi pacal kiri sesuai dengan pola tata tanam yang diterapkan oleh petani yaitu Padi – Padi – Palawija dengan awal tanam pada bulan November. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4. Rekapitulasi perhitungan kebutuhan air irigasi**

Musim Tanam	Uraian	Nilai FPR	Total Keb. Air Irigasi (m <sup>3</sup> /Ha)
MT 1	a. Pembibitan	0.17	367 m <sup>3</sup> /Ha
	b. Garap tanah		264,3 m <sup>3</sup> /Ha
	c. Pertumbuhan		5,287 m <sup>3</sup> /Ha
	Total kebutuhan sekali panen dengan luas area 1793 ha		10,610 m <sup>3</sup> /dt
MT 2	a. Pembibitan	0.17	367 m <sup>3</sup> /Ha
	b. Garap tanah		264,3 m <sup>3</sup> /Ha
	c. Pertumbuhan		5,287 m <sup>3</sup> /Ha
	Total kebutuhan sekali panen dengan luas area 800 ha		6,734 m <sup>3</sup> /dt
MT 3	a. palawija	0.17	2,686
	Total kebutuhan sekali panen dengan luas area 1580 ha		2,686

Sumber: Hasil perhitungan

#### 4.4 Debit Andalan

Untuk mengetahui besarnya debit metode yang bisa dipakai menggunakan metode F.J. Mock. Berikut merupakan contoh perhitungan analisa ketersediaan debit dengan metode F.J. Mock tahun 2015 yang disajikan dalam Tabel 5 dan hasil perhitungan setiap tahunnya ditampilkan dalam tabel rekapitulasi pada Tabel 6.

**Tabel 5. Perhitungan Debit Andalan Bulanan tahun 2015 metode Fj.Mock**

No	URAIAN	Keterangan	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
<b>I Data Hujan</b>															
1	Curah Hujan (P)	Data	Mm	231.00	106.00	331.00	229.00	331.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	292.00
2	Hari Hujan (H)	Data	Hari	70.00	28.00	77.00	84.00	77.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.00	71.00
<b>II Evapotranspirasi Terbatas (Et)</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	Eto	Mm	2.45	57.32	58.77	43.07	41.34	30.92	50.68	97.71	134.20	128.55	96.69	52.16
4	Permukaan Lahan Terbuka (M)	Tentukan	%	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
5	(M/20) * (18 - H)	Hitungan	-	-0.91	-0.18	-1.03	-1.16	-1.03	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	-0.26	-0.93
6	E = (Eto) * (M/20) * (18 - H)	(3) * (5)	Mm	-2.23	-10.03	-60.68	-49.74	-42.69	9.74	15.97	30.78	42.27	40.49	-25.38	-48.38
7	Et = (Eto) - (E)	(3) - (6)	Mm	4.69	67.35	119.45	92.81	84.03	21.18	34.72	66.93	91.92	88.05	122.07	100.54
<b>III Keseimbangan Air</b>															
8	Perubahan Kandungan Air Tanah (Ds = P - Et)	(1) - (7)	Mm	226.31	38.65	211.55	136.19	246.97	-21.18	-34.72	-66.93	-91.92	-88.05	-32.07	191.46
9	Kandungan Air Tanah (Sms)		Mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-21.18	-34.72	-66.93	-91.92	-88.05	-32.07	0.00
10	Kapasitas Kelembaban Tanah (Smc)	Smc	Mm	100.00	-91.93	100.00	100.00	100.00	78.82	78.82	-22.83	-114.75	-202.81	-234.88	-43.42
11	Kelebihan Air (Ws)	(8) - (9)	Mm	226.31	0.00	19.62	136.19	246.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>IV Aliran Dan Penyimpanan</b>															
<b>Air Tanah</b>															
12	Infiltrasi (I)	(11) * (I)	Mm	113.16	0.00	9.81	68.10	123.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.5 (1 + K) In	Hitungan	-	79.21	0.00	4.90	34.05	61.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	K * V (N - 1)	Hitungan	-	22.46	26.34	10.54	6.18	16.09	31.13	12.45	4.98	1.99	0.80	0.32	0.13
15	Volume Penyimpanan (Vn)	(13) + (14)	Mm	101.67	26.34	15.44	40.22	77.83	31.13	12.45	4.98	1.99	0.80	0.32	0.13
16	Perubahan Volume Air (Dvn)	Vn - V(N-1)	Mm	45.52	-39.51	-10.90	24.78	37.61	-46.70	-18.68	-7.47	-2.99	-1.20	-0.48	-0.19
17	Aliran Dasar (Bf)	(12) - (16)	Mm	67.64	39.51	20.71	43.31	85.88	46.70	18.68	7.47	2.99	1.20	0.48	0.19
18	Aliran Langsung (Dr)	(11) - (12)	Mm	113.16	0.00	9.81	68.10	123.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	Aliran (R)	(17) + (18)	Mm	180.80	39.51	30.52	111.41	209.36	46.70	18.68	7.47	2.99	1.20	0.48	0.19
<b>V Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	A * (19)	M <sup>3</sup> /Det	6.13	1.48	1.03	3.90	7.10	1.64	0.63	0.25	0.10	0.04	0.02	0.01
22	Debit Aliran Sungai	M <sup>3</sup> /Det/Hari		0.20	0.05	0.03	0.13	0.23	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
23	Jumlah Hari		Hari	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
24	Debit Aliran (Dibaca : 10e <sup>6</sup> )		M <sup>3</sup>	16.41	3.59	2.77	10.11	19.00	4.24	1.70	0.68	0.27	0.11	0.04	0.02
25	Debit Aliran (Dibaca : 10e <sup>14</sup> )		Mm/Hari	5.21	1.28	0.89	3.37	6.13	1.41	0.55	0.22	0.09	0.04	0.01	0.01

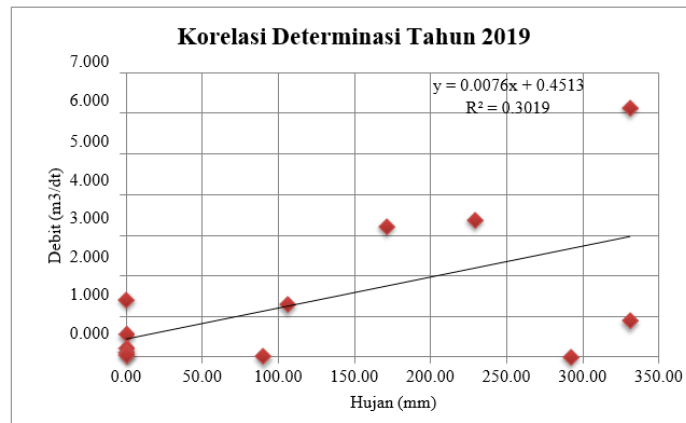
Sumber. Hasil perhitungan

**Tabel 6. Rekapitulasi perhitungan Debit Andalan metode Fj.Mock**

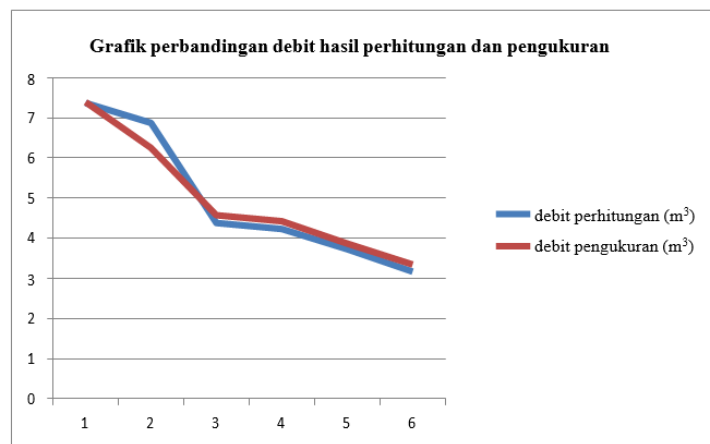
Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2003	5.79	10.76	6.71	2.45	2.49	0.69	0.27	0.11	0.04	2.24	7.54	6.40
2004	8.76	9.01	14.22	11.00	5.13	1.73	1.88	0.51	0.21	0.08	1.73	2.85
2005	4.94	10.87	10.35	8.08	4.12	3.25	0.88	0.35	2.30	2.07	2.97	10.08
2006	5.09	10.29	6.64	2.46	2.48	0.68	0.26	0.11	0.04	2.35	7.52	6.42
2007	4.26	6.15	9.38	6.63	3.31	4.64	2.08	0.64	0.26	2.86	5.96	12.01
2008	7.58	6.81	9.67	4.26	3.90	1.53	0.50	2.19	0.49	3.44	5.55	7.41
2009	4.80	12.41	7.87	7.64	6.52	2.37	0.85	0.43	0.16	1.97	2.94	4.73
2010	9.51	8.22	12.60	11.80	8.95	8.14	4.97	4.38	3.16	5.60	8.25	6.03
2011	4.30	6.77	8.05	10.34	8.28	3.31	2.75	0.76	1.21	1.67	8.95	9.82
2012	6.41	12.03	7.32	5.88	3.29	1.94	0.57	0.23	0.09	1.70	7.32	7.32
2013	8.65	7.13	12.24	9.29	4.15	5.98	4.08	1.10	0.45	1.03	5.32	11.71
2014	3.96	7.23	12.26	13.76	5.78	4.13	1.16	0.46	0.19	1.03	5.68	11.40
2015	5.29	11.49	2.43	8.81	2.91	1.34	0.45	0.18	0.07	0.03	0.01	7.01

Sumber. Hasil perhitungan

Debit yang diperoleh dari hasil perhitungan Fj Mock perlu dilakukan pengujian sebelum dianalisa menjadi debit andalan dengan metode regresi linier sederhana yang digunakan untuk mengetahui korelasi antara data hujan dengan debit hasil perhitungan Fj Mock dan membandingkan debit hasil perhitungan FJ Mock dengan debit hasil pengukuran langsung di lokasi studi penelitian yang disajikan dalam grafik Gambar 3 dan 4 berikut.



**Gambar 3. Grafik korelasi determinasi data hujan dengan debit Fj.Mock tahun 2019**



**Gambar 4. Grafik perbandingan hasil pengukuran dan perhitungan**

Perhitungan debit andalan menggunakan analisa tahun dasar perencanaan (*Basic Years*) dengan karakteristik aliran. Keandalan debit yang digunakan adalah sebesar 26.02% (Debit air cukup), 50.68% (Debit air normal), 75,34% (Debit air rendah), dan 97.30% (Debit air kering). Rekapitulasi hasil perhitungan disajikan pada Tabel 7 berikut.

**Tabel 7. Rekapitulasi Debit Andalan per periode berdasarkan karakteristik aliran**

Bulan	Debit air tahun Cukup (m <sup>3</sup> )	Debit air tahun rendah (m <sup>3</sup> )	Debit air tahun Normal (m <sup>3</sup> )	Debit air tahun kering (m <sup>3</sup> )
Januari	4,30	579	8,76	5.29
Februari	6,77	10,76	9,01	11.49
Maret	8,05	6,71	14,22	2.43
April	10,34	2,45	11,00	8.81
Mei	8,28	2,49	5,13	2.91
Juni	3,31	0,69	1,73	1.34
Juli	2,75	0,27	1,88	0.45
Agustus	0,76	0,11	0,51	0.18
September	1,21	0,04	0,21	0.07
Oktober	1,67	2,24	0,08	0.03
November	8,95	7,54	7,32	0.01
Desember	9,82	6,40	7,41	7.01
Maksimum	10,34	10,76	14,22	11,49
Minimum	0,76	0,04	0,08	0,01
Rerata	5,52	3,79	5,60	3.34

Sumber :Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel perhitungan debit andalan berdasarkan empat karakteristik aliran didapatkan hasil bahwa :

- Debit tahun kering keandalan (97,30%) didapatkan debitmaksimum sebesar 11,49 m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0,01 m<sup>3</sup> /dtdengan debit rata-rata sebesar 3,34 m<sup>3</sup>/dt.
- Debit tahun rendah keandalan (75,34%) didapatkan debit maksimum sebesar 10,76m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0,04 m<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/dt dengan debit rata-rata sebesar 3,79 m<sup>3</sup>/dt.
- Debit tahun normal keandalan (50,68%) didapatkan debit maksimum sebesar 14,22 m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0,08 m m<sup>3</sup>/dt dengan debit rata-rata sebesar 5,60 m<sup>3</sup>/dt.
- Debit tahun cukup keandalan (26,02%) didapatkan debitmaksimum sebesar 10,34 m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0,76 m<sup>3</sup>/dt dengan debit rata-rata sebesar 5,52 m<sup>3</sup>/d.

## 5. Kesimpulan

1. Kebutuhan air irigasi Pacal kiri ± 10,610 m<sup>3</sup>/dt dengan luas area yaitu 1793 ha.
2. Debit andalan sungai Pacal khususnya di hulu bendung Klepek menggunakan metode *basic year* karakteristik aliran tahun dasar diperoleh kesimpulan bahwa debit tahun kering keandalan (97,30%) didapatkan debit maksimum sebesar 11,49 m<sup>3</sup>/dt, debit minimum sebesar 0,01 m<sup>3</sup> /dtdengan debit rata-rata sebesar 3,34 m<sup>3</sup>/dt. Debit tahun rendah keandalan

(75,34%) didapatkan debit maksimum sebesar  $10,76 \text{ m}^3/\text{dt}$ , debit minimum sebesar  $0,04 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan debit rata-rata sebesar  $3,79 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Debit tahun normal keandalan (50,68%) didapatkan debit maksimum sebesar  $14,22 \text{ m}^3/\text{dt}$ , debit minimum sebesar  $0,08 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan debit rata-rata sebesar  $5,60 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Debit tahun cukup keandalan (26,02%) didapatkan debit maksimum sebesar  $10,34 \text{ m}^3/\text{dt}$ , debit minimum sebesar  $0,76 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan debit rata-rata sebesar  $5,52 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

## 6. Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba dengan mempertimbangkan hal berikut ini:

1. Penelitian dilakukan dengan membandingkan metode F.J Mock dengan metode analisis lain dalam menganalisis ketersediaan air irigasi dan dalam perhitungan kebutuhan air irigasi digunakan metode lain untuk membandingkannya.
2. Penelitian memperhitungkan analisis neraca air.

## Daftar Pustaka

- Alby, L. (2018). Perbandingan Metode Alih Ragam Hujan Menjadi Debit Dengan FJ. MOCK dan NRECA di DAS Kemuning Kabupaten Sampang. *Jurnal Teknik Pengairan, Malang: Universitas Brawijaya*, 2(1).
- Bagiawan, A., Yuningsih, S. M., & Windatiningsih, D. (2011). Pengujian Data Hidrologi Dalam Rangka Peningkatan Efektifitas Dan Efisiensi Pengelolaan Sumber Daya Air. *Jurnal Sumber Daya Air*, 7(1), 1-17.
- Chahayati, C., & Sutrisno, S. (2014). Pengaruh Debit Air Terhadap Pola Tata Tanam Pada Baku Sawah Di Daerah Irigasi Kebonagung Kabupaten Sumenep. *Jurnal Ilmiah MITSU*, 2(2).
- Lalu Ardhian, M. (2008). *Analisa Potensi Ketersediaan Air di Sub DAS Penujak Untuk Memenuhi Kebutuhan Rumah Tangga (Domestik), Pariwisata-Komersial (Municipal) dan Pertanian (Irigasi) di Sub DAS Penujak Hingga Tahun 2018* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Nurdiyanto, N., Limantara, L. M., & Suhartanto, E. (2016). Analisis Hujan Dan Tata Guna Lahan Terhadap Limpasan Permukaan Di Sub Das Pekalen Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 7(1), 83-94.
- Putri, E. W. S., Harisuseno, D., & Purwati, E. (2015). Evaluasi Kinerja Daerah Irigasi Jragung Kabupaten Demak. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 6(1), 66-75.
- Retnowati, F. (2018). *Optimasi Pemanfaatan Air di Daerah Irigasi Tanggul Menggunakan*

*Program Linier* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).

Setiawan, A. (2021). *Seputar Daerah Irigasi Pacal*. Hasil Wawancara Pribadi: 6 Januari 2021.

Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Bojonegoro.

Syahputra, I., & Rahmawati, C. (2015). Analisis Ketersediaan Air Pada Daerah Irigasi Blangkaram Kecamatan Darussalam Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1), 35-42.