



TUGAS AKHIR – RC18 – 4803

**OPTIMASI PERENCANAAN PENGOPERASIAN  
WADUK BENDO PONOROGO**

AHMAD TADIA YUSUF  
NRP. 0311154000076

Dosen Pembimbing I  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc.

Dosen Pembimbing II  
Nastasia Festy Margini, ST.,MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019



TUGAS AKHIR – RC18 – 4803

**OPTIMASI PERENCANAAN PENGOPERASIAN  
WADUK BENDO PONOROGO**

AHMAD TADIA YUSUF  
NRP. 0311154000076

Dosen Pembimbing I  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc.

Dosen Pembimbing II  
Nastasia Festy Margini, ST.,MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – RC18 – 4803

**OPTIMIZATION OF OPERATION DESIGN OF BENDO  
PONOROGO RESERVOIR**

AHMAD TADIA YUSUF  
NRP. 0311154000076

Academic Supervisor I  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc.

Academic Supervisor II  
Nastasia Festy Margini, ST.,MT.

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

*“This page is intentionally left blank”*

# OPTIMASI PERENCANAAN PENGOPERASIAN WADUK BENDO PONOROGO

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**AHMAD TADIA YUSUF**

NRP. 0311154000076

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Dr. Ir. Wasis Wardono, MSc.

2. Nastasia Festy Marginty, ST



**SURABAYA  
JULI, 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **OPTIMASI PERENCANAAN PENGOPERASIAN WADUK BENDO PONOROGO**

**Nama Mahasiswa** : Ahmad Tadia Yusuf  
**NRP** : 0311154000076  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK – ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc.  
2. Nastasia Festy Margini, ST., MT.

## **ABSTRAK**

*Saat ini sedang berlangsung pembangunan Waduk Bendo Sawo. Waduk ini berada pada daerah perbukitan dengan elevasi bendungan + 151 m sebagai dasar sungai Nginden dan + 224 m pada puncaknya, serta memiliki daerah genangan seluas 192,214 km<sup>2</sup>, sehingga dapat menampung air sebesar 45,415 juta m<sup>3</sup>. Waduk ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, air baku domestik maupun non-domestik, serta kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai. Suatu waduk idealnya harus dapat menyediakan air sesuai rencana, akan tetapi debit air yang terjadi di sungai tersebut tidak memungkinkan untuk menyuplai kebutuhan secara efektif bilamana tidak diatur pembagian airnya. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu sistem pengoperasian waduk untuk mengatur pengeluaran debit air yang tersedia agar dapat digunakan secara efektif.*

*Dalam upaya pengoptimalan pengoperasian ini diawali dengan pengumpulan data hidrologi, klimatologi, kontur area waduk, luas area irigasi, serta jumlah penduduk yang akan memanfaatkan air waduk. Selanjutnya dari data tersebut dapat dihitung ketersediaan dan kebutuhan airnya. Setelah itu aliran air masuk dan keluar setiap bulan dianalisis untuk nantinya disimulasikan pada kondisi kering, normal, maupun basah sesuai kebutuhan dan prioritas pembagiannya.*



*Hasil dari rencana pengoperasian waduk ini adalah modifikasi area tanam yang awalnya 7800 ha menjadi 3900 ha serta pemilihan bulan dimulainya pengoperasian, yang mana bulan terbaik dimulainya pengoperasian waduk ini adalah bulan September.*

**Kata kunci : *Inflow, Outflow, Simulasi, Waduk, Waduk Bendo Ponorogo***

# OPTIMIZATION OF OPERATION DESIGN OF BENDO PONOROGO RESERVOIR

**Name** : Ahmad Tadia Yusuf  
**ID Number** : 0311154000076  
**Departement** : Civil Engineering FTSLK – ITS  
**Academic Supervisor** : 1. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc.  
2. Nastasia Festy Margini, ST., MT.

## ABSTRACT

*Bendo Sawo Reservoir is currently under construction. It located at the hills which has elevation + 150 m as a Nginden river ground and + 224 m on the summit. Moreover, it has inudation area of 192,214 km<sup>2</sup>. Therefore, it can hold 45,415 juta m<sup>3</sup> of water. This reservoir is used to fulfill irrigation, domestik or non-domestic raw water, and river maintenance. The reservoir should ideally be able to provide water according to the plan, but the flow of water occurs in the river is not possible to supply the needs effectively. It will happen when the distribution of water is not regulated. As a result, it is needed an operation system of reservoir to set available water outflow, so that it can be used effectively.*

*In order to optimize this operation, it begins with collecting hydrological data, climatology, contour of reservoir area, irrigation area, and the number of residents who will use the reservoir water. Furthermore, from these data the water availability and needs can be calculated. After thar, water inflow and outflow each month will be analyzed to simulate on dry, normal, and wet condition according to the needs and the priority distribution.*

*The result of reservoir operation plan are to modify plantation area which has 7800 ha to become 3900 ha. In addition,*

*selecting month of operational initiation, which is the best month to initiate the operation of reservoir occur on September.*

**Keyword : Inflow, Outflow, Simulation, Reservoir, Bendo Ponorogo Reservoir**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas Rahmat dan Karunia Nya-lah Penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal tugas akhir ini tepat pada waktunya dengan judul “Optimasi Perencanaan Pengoperasian waduk Bendo Ponorogo”.

Proposal tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Sarjana 1 Departemen Teknik Sipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama mengikuti pendidikan S1 Teknik Sipil sampai dengan proses penyelesaian Proposal Tugas Akhir, berbagai pihak telah memberikan fasilitas, membantu, membina dan membimbing penulis untuk itu khususnya kepada :

1. Bapak Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST.,MSc. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan TeknikSipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang banyak memberikan informasi dalam pengerjaan proposal ini.
2. Bapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc. dan ibu Nastasia Festy Margini, ST.,MT selaku dosen konsultasi yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulis selama penyusunan proposal tugas akhir ini.
3. Bapak / Ibu Dosen khususnya Departemen Teknik Sipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah membekali penulis dengan beberapa disiplin ilmu.
4. Hafid Alfianto yang telah membantu merapikan laporan ini.
5. Teman–teman seperjuangan Mahasiswa Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan S58, yang telah banyak berdiskusi dan bekerjasama dengan penulis.

Penulis menyadari, Proposal Tugas Akhir ini masih banyak kelemahan dan kekurangannya. Karena itu kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan senang hati, mudah – mudahan keberadaan Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan kita, khususnya tentang Optimasi

Perencanaan Pengoperasian waduk Bendo yang berada di wilayah Sawoo, Ponorogo.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan.....	3
1.5    Manfaat.....	3
1.6    Lokasi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1    Waduk.....	7
2.2    Analisis Hidrologi.....	9
2.2.1    Curah hujan.....	9
2.2.2    Curah hujan efektif.....	10
2.3    Analisis Klimatologi.....	12
2.4    Debit Aliran Sungai.....	20
2.4.1    Penelusuran data debit dengan data hujan.....	20

2.4.2	Debit andalan .....	23
2.5	Analisis Kebutuhan Air .....	23
2.6	Neraca Air ( <i>Water Balance</i> ) .....	29
2.7	Lengkung Kapasitas Waduk .....	29
2.8	Simulasi Pengoperasian Waduk.....	30
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>33</b>
3.1	Umum.....	33
3.2	Studi Literatur.....	33
3.3	Pengumpulan Data.....	33
3.3.1	Data topografi.....	34
3.3.2	Data hidrologi .....	34
3.3.3	Data klimatologi .....	34
3.3.4	Data pola tanam dan luas daerah irigasi .....	34
3.3.5	Data jumlah penduduk .....	34
3.4	Analisis Neraca Air .....	34
3.5	Proyeksi Lengkung Kapasitas Waduk .....	35
3.6	Simulasi Pengoperasian Waduk.....	35
3.7	Kesimpulan dan Saran .....	35
3.8	Flowchart Metodologi .....	36
<b>BAB IV ANALISIS KEBUTUHAN DAN KETERSEDIAAN</b>		
<b>AIR.....</b>		<b>37</b>
4.1	Analisis Klimatologi.....	37
4.2	Analisis Ketersediaan Air .....	41
4.2.1	Analisis debit metode F.J. Mock.....	45

4.2.2	Debit andalan.....	48
4.3	Analisis Kebutuhan Air .....	52
4.3.1	Kebutuhan air irigasi.....	52
4.3.2	Kebutuhan air baku.....	57
4.3.3	Kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai .....	69
<b>BAB V SIMULASI DAN OPTIMASI PENGOPERASIAN</b>		
<b>WADUK .....</b>		<b>71</b>
5.1	Tinjauan Umum.....	71
5.2	Simulasi Pengoperasian Waduk.....	71
5.3	Optimasi Pengoperasian Waduk.....	74
5.3.1	Optimasi 1 (luas tanam irigasi = 75%).....	74
5.3.2	Optimasi 2 .....	75
5.3.3	Optimasi 3 .....	77
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>83</b>
6.1.	Kesimpulan.....	83
6.2.	Saran.....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>85</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>87</b>



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Lokasi Waduk Bendo .....	4
<b>Gambar 1.2</b>	Kondisi Waduk Saat Pembangunan .....	4
<b>Gambar 1.3</b>	Tampak Samping Bendungan Yang Belum Diurug .....	5
<b>Gambar 1.4</b>	Tampak Atas Intake .....	5
<b>Gambar 1.5</b>	Tampak Samping Cover Dam .....	6
<b>Gambar 2.1</b>	Bagian Utama Waduk .....	8
<b>Gambar 2.2</b>	Bagian Utama Waduk .....	10
<b>Gambar 2.3</b>	Lengkung Kapasitas Waduk.....	30
<b>Gambar 2.4</b>	Lengkung Kapasitas Waduk.....	30
<b>Gambar 3.1</b>	Flowchart Optimasi Perencanaan Pengoperasian Waduk Bendo Ponorogo .....	36
<b>Gambar 4.1</b>	Tampilan Pencarian Data Metode TRMM .....	42
<b>Gambar 4.2</b>	Daerah Plot Sesuai Stasiun Hujan (Sumber : Penulis, 2019).....	43
<b>Gambar 4.3</b>	Duration Curve Bulan Januari .....	51
<b>Gambar 4.4</b>	Kecamatan yang Memungkinkan untuk Diairi .....	58
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik Duration Curve .....	70
<b>Gambar 5.1</b>	Grafik Hubungan Inflow - Outflow Bulan Paling Optimal .....	81

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Nilai D Sesuai Jenis Tanaman (Sumber : FAO, 1977) .....	11
<b>Tabel 2.2</b> Data Klimatologi yang Dibutuhkan untuk Perhitungan $ET_0$ (Sumber : FAO, 1977) .....	13
<b>Tabel 2.3</b> Nilai Faktor Pendekatan (Sumber : FAO, 1977) .....	14
<b>Tabel 2.4</b> Faktor Bobot ( $W$ ) (Sumber : FAO, 1977) .....	14
<b>Tabel 2.5</b> Faktor Bobot ( $I - W$ ) (Sumber : FAO, 1977) .....	14
<b>Tabel 2.6</b> Fungsi $f(U)$ (Sumber : FAO, 1977) .....	15
<b>Tabel 2.7</b> Tekanan Uap Air Jenuh ( $e_a$ ) (Sumber : FAO, 1977)..	15
<b>Tabel 2.8</b> Tekanan Uap Air Nyata ( $e_d$ ) Pengukuran dengan <i>Aspirated Psychrometer</i> (Sumber : FAO, 1977) .....	16
<b>Tabel 2.9</b> Tekanan Uap Air Nyata ( $e_d$ ) Pengukuran dengan Non- <i>Ventilated Psychrometer</i> (Sumber : FAO, 1977) .....	16
<b>Tabel 2.10</b> Nilai $f(T)$ pada radiasi gelombang panjang (Sumber : FAO, 1977).....	17
<b>Tabel 2.11</b> Nilai $f(e_d)$ pada radiasi gelombang panjang (Sumber : FAO, 1977).....	17
<b>Tabel 2.12</b> Nilai $f(T)$ pada radiasi gelombang panjang (Sumber : FAO, 1977).....	17
<b>Tabel 2.13</b> Lama Penyinaran Maksimum Rata-rata per Hari ( $N$ ) (Sumber : FAO, 1977).....	18
<b>Tabel 2.14</b> Radiasi <i>Terrestrial Ekstra</i> ( $R_a$ ) (Sumber : FAO, 1977) .....	19
<b>Tabel 2.15</b> Koefisien Tanaman Padi (Sumber : FAO, 1977) .....	24
<b>Tabel 2.16</b> Koefisien Tanaman Tebu (Sumber : FAO, 1977) ....	24
<b>Tabel 2.17</b> Koefisien Tanaman Palawija (Sumber : FAO, 1977) .....	25
<b>Tabel 2.18</b> Penguapan Berdasarkan Tekstur Tanah (Sumber : FAO, 1977).....	25
<b>Tabel 2.19</b> Kebutuhan Air Domestik (Sumber : Maindoka dan Panjaitan, 2011 dari Sularso 2004) .....	28

<b>Tabel 2.20</b> Kebutuhan Air Non-Domestik (Sumber : Ditjen Cipta Karya PU, 2000).....	28
<b>Tabel 4.1</b> Contoh Perhitungan Metode Penman.....	37
<b>Tabel 4.2</b> Rekap perhitungan Evapotranspirasi Potensial (Sumber: Penulis, 2019) .....	41
<b>Tabel 4.3</b> Rekapitulasi Hasil Plot Data <i>Tropical Rainfall Measuring Mission</i> (TRMM) (Sumber : Giovanni, 2019) .....	44
<b>Tabel 4.4</b> Contoh Perhitungan Metode F.J Mock.....	45
<b>Tabel 4.5</b> Nilai <i>Soil Moisture Contain</i> (Sumber: Sudirman, 2002) .....	47
<b>Tabel 4.6</b> Debit Tahun 1998 - 2018 yang Telah Diurutkan (Sumber: Penulis, 2019) .....	49
<b>Tabel 4.7</b> Perhitungan Prosentase Probabilitas Bulan Januari (Sumber: Penulis, 2019) .....	50
<b>Tabel 4.8</b> Debit Andalan 80% (Sumber : Penulis, 2019) .....	52
<b>Tabel 4.9</b> Contoh Perhitungan Kebutuhan Air di Intake (Sumber : Penulis, 2019).....	53
<b>Tabel 4.10</b> Rekapitulasi Kebutuhan Air untuk Irigasi.....	57
<b>Tabel 4.11</b> Jumlah Penduduk Berdasarkan Sensus .....	58
<b>Tabel 4.12</b> Data Jumlah Sekolah Kabupaten Ponorogo (Sumber: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan).....	60
<b>Tabel 4.13</b> Data Jumlah Rumah Sakit (Sumber: Kementerian Kesehatan RI) .....	61
<b>Tabel 4.14</b> Data Jumlah Puskesmas Tahun 2013 (Sumber: Kementerian Kesehatan RI).....	62
<b>Tabel 4.15</b> Data Jumlah Tempat Ibadah di Jawa Timur Tahun 2013 (Sumber: Kementerian Agama Provinsi Jawa Timur) .....	63
<b>Tabel 4.16</b> Data Jumlah Tenaga Kerja di Jawa Timur .....	64
<b>Tabel 4.17</b> Data Pendapatan Retribusi Pasar Kabupaten Ponorogo (Sumber: Dinas Indagkop Kabupaten Ponorogo) .....	66
<b>Tabel 4.18</b> Rekap Perhitungan Kebutuhan Air Baku .....	68

<b>Tabel 4.19</b> Hasil Perhitungan Debit Metode F.J. Mock .....	69
<b>Tabel 4.20</b> Perhitungan Probabilitas (Sumber: Penulis, 2019)...	70
<b>Tabel 5.1</b> Kebutuhan Irigasi Setiap Bulan (Sumber : Penulis, 2019) .....	71
<b>Tabel 5.2</b> Kebutuhan Air Baku Domestik dan Non-domestik (Sumber : Penulis, 2019) .....	72
<b>Tabel 5.3</b> Simulasi Pengoperasian Waduk yang di Mulai pada Bulan Oktober (Sumber : Penulis, 2019) .....	73
<b>Tabel 5.4</b> Perubahan Suplai Air untuk Irigasi (Sumber : Penulis, 2019) .....	74
<b>Tabel 5.5</b> Hasil Optimasi Pengoperasian 1 (Sumber : Penulis, 2019) .....	75
<b>Tabel 5.6</b> Perubahan Suplai Air untuk Irigasi Ke-2 (Sumber : Penulis, 2019).....	75
<b>Tabel 5.7</b> Hasil Optimasi Pengoperasian 2 (Sumber : Penulis, 2019) .....	76
<b>Tabel 5.8</b> Pengoperasian Periode Tahun Ke-2 (Sumber : Penulis, 2019) .....	77
<b>Tabel 5.9</b> Simulasi Tahun Ke-2 Diawali Bulan Juni (Sumber : Penulis, 2019).....	78
<b>Tabel 5.10</b> Simulasi Tahun Ke-2 Diawali Bulan Juli (Sumber : Penulis, 2019).....	78
<b>Tabel 5.11</b> Simulasi Tahun Ke-2 Diawali Bulan Agustus (Sumber : Penulis, 2019).....	79
<b>Tabel 5.12</b> Simulasi Tahun Ke-2 Diawali Bulan September (Sumber : Penulis, 2019) .....	79
<b>Tabel 5. 13</b> Rekapitulasi Simulasi Selama 10 Tahun .....	80

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Debit air yang terjadi pada suatu sungai tidak selalu konsisten sepanjang tahun. Kondisi ini dipengaruhi oleh musim yang ada pada daerah tersebut. Daerah khatulistiwa seperti Indonesia hanya memiliki dua musim, yakni musim hujan dan musim kemarau. Pada musim hujan tentunya debit yang mengalir di suatu sungai akan melimpah, akan tetapi pada musim kemarau debit yang mengalir sangat minim. Hal ini umumnya terjadi di wilayah yang memiliki iklim tropis seperti di beberapa wilayah – wilayah Indonesia, salah satunya di Kabupaten Ponorogo.

Dalam rangka mengatasi masalah tersebut, saat ini sedang dilakukan pembangunan Waduk Bendo Sawo yang nantinya akan membendung dan menampung air Kali Nginden tepatnya di Dusun Bendo, Desa Nginden, Sawo, Ponorogo. Waduk Bendo Sawo merupakan salah satu waduk yang diusulkan dalam Rencana Induk Proyek Pengembangan Wilayah Sungai Bengawan Solo pada tahun 1974. Dalam kajian ulang terhadap Rencana Induk Proyek Pengembangan Wilayah Sungai Bengawan Solo, yang dilakukan Konsultan Nippon Koei Co., Ltd., Jepang, melalui studi *Comprehensive Development and Management Plan ( CDMP )* pada tahun 2000 menyebutkan bahwa Bendungan Bendo masih merupakan salah satu bendungan yang direkomendasikan untuk dilakukan studi lebih lanjut. Proyek ini mulai dikerjakan sejak tahun 2013 lalu dan direncanakan selesai pada tahun 2019. Namun, sampai saat ini belum ada studi mengenai pengoperasian untuk waduk tersebut.

Suatu waduk idealnya harus berfungsi secara optimal. Salah satunya yaitu dapat menyediakan air sesuai kebutuhan rencana. Waduk Bendo ini akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, air baku domestik maupun non-domestik, dan pemeliharaan sungai. Agar debit air dapat dimanfaatkan secara



maksimal, maka perlu adanya suatu sistem yang mengatur pengeluaran volume air dari waduk tersebut setiap bulannya.

Dalam rangka mengatur pemakaian air waduk, maka dibuatlah suatu pengoperasian waduk untuk menganalisis setiap pemasukan dan pengeluaran debit yang akan tersedia. Oleh karena itu, tugas akhir ini akan membahas tentang optimasi perencanaan pengoperasian waduk tersebut sehingga dapat beroperasi secara optimal.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang terjadi antara lain sebagai berikut:

1. Berapa debit air yang mengalir pada Waduk Bendo ?
2. Berapa ketersediaan air setiap bulannya ?
3. Berapa kebutuhan air setiap sebulan untuk irigasi berdasarkan pola tanam yang ada?
4. Berapa besar kebutuhan air baku setiap bulan yang diperlukan ?
5. Berapa kebutuhan air setiap bulan untuk pemeliharaan sungai ?
6. Bagaimana pembagian air untuk irigasi, air baku, dan pemeliharaan sungai yang paling optimum ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Tidak menghitung sedimen yang akan terjadi.
2. Tidak merencanakan bangunan irigasi.
3. Tidak merencanakan kualitas air baku.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung debit air yang mengalir pada Waduk Bendo.
2. Menghitung ketersediaan air setiap bulan.
3. Menghitung kebutuhan air setiap sebulan untuk irigasi berdasarkan pola tanam.
4. Menghitung kebutuhan air baku setiap bulan berdasarkan jumlah penduduk setempat
5. Menghitung kebutuhan air setiap bulan untuk pemeliharaan sungai.
6. Menentukan proporsi pembagian air untuk berbagai kebutuhan yang paling optimum.

## **1.5 Manfaat**

Optimasi Perencanaan pengoperasian Waduk Bendo Sawo yang berfungsi untuk irigasi, air baku, dan pemeliharaan sungai ini diharapkan dapat diterapkan pada waduk sebagaimana mestinya. Sebagai akibatnya, fungsi dari waduk ini tetap optimal pada musim hujan maupun kemarau.

## **1.6 Lokasi**

Di bawah ini merupakan lokasi dari proyek pembangunan Waduk Bendo yang terletak di Kecamatan Sawoo, Ponorogo bagian tenggara seperti pada Gambar 1.1. Secara geografis lokasi rencana Bendungan Bendo terletak pada posisi antara  $7^{\circ} 49' 33''$  -  $7^{\circ} 59' 36''$  LS dan  $111^{\circ} 34' 57''$  -  $111^{\circ} 44' 40''$  BT.



**Gambar 1.1** Lokasi Waduk Bendo  
(Sumber : Anashir, 2011)

Berikut merupakan foto-foto yang diambil saat observasi di lapangan, mulai dari kondisi keseluruhan waduk yang ditunjukkan oleh Gambar 1.2, bendungan utama ditunjukkan oleh Gambar 1.3, intake ditunjukkan oleh Gambar 1.4, dan *cover dam* ditunjukkan oleh Gambar 1.5.



**Gambar 1.2** Kondisi Waduk Saat Pembangunan

(Sumber : PT. Nindya Karya, 2018)



**Gambar 1.3** Tampak Samping Bendungan Yang Belum Diurug  
(Sumber : Penulis, 2018)



**Gambar 1.4** Tampak Atas Intake  
(Sumber : Penulis, 2018)



**Gambar 1.5** Tampak Samping *Cover Dam*  
(Sumber : Penulis, 2018)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Waduk**

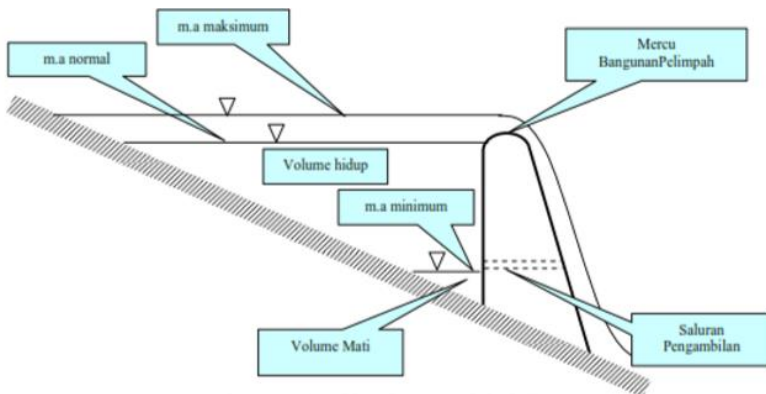
Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010, Bendungan atau waduk merupakan wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan. Suatu waduk selayaknya dapat menampung kelebihan air pada musim hujan yang nantinya dapat dimanfaatkan pada saat musim kemarau. Fungsi utama dari sebuah waduk adalah menstabilkan aliran air akibat persediaan air di suatu sungai yang selalu berubah-ubah sepanjang tahun.

Bagian-bagian utama sebagai ciri fisik dari suatu waduk adalah sebagai berikut :

1. Permukaan genangan minimum (*Low Water Level/LWL*), adalah elevasi terendah bila tampungan dilepaskan pada kondisi normal, permukaan ini dapat ditentukan oleh elevasi dari bangunan pelepasan yang terendah.
2. Permukaan genangan normal (*Normal Water Level/NWL*), adalah elevasi maksimum yang dicapai oleh permukaan air waduk.
3. Tampungan berguna (*usefull storage*), menurut Seyhan (Seyhan, 1927:24), adalah volume tampungan diantara permukaan genangan minimum (*Low Water Level = LWL*) dan permukaan genangan normal (*Normal Water Level*).
4. Tampungan tambahan (*surcharge storage*) adalah volume air diatas genangan normal selama banjir. Untuk beberapa saat debit meluap melalui pelimpah. Kapasitas tambahan ini biasanya tidak terkendali, dengan pengertian adanya hanya pada waktu banjir dan tidak dapat dipertahankan untuk penggunaan selanjutnya (Linsey, 1985:65).

5. Tampung mati (*dead storage*) adalah volume air yang terletak dibawah permukaan genangan minimum, dan air ini tidak dimanfaatkan dalam pengoperasian waduk.
6. Tampung tebing (*valley storage*) adalah banyaknya air yang terkandung di dalam susunan tanah pervious dari tebing dan lembah sungai. Kandungan air tersebut tergantung dari keadaan geologi tanah.
7. Pelepasan (*realese*), adalah volume air yang dilepaskan secara terkendali dari suatu waduk selama kurun waktu tertentu.
8. Periode kritis (*critical periode*), adalah periode dimana sebuah waduk berubah dari kondisi penuh ke kondisi kosong tanpa melimpah selama periode itu. Awal periode kritis adalah keadaan waduk penuh dan akhir periode kritis adalah ketika waduk pertama kali kosong.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 :



**Gambar 2.1** Bagian Utama Waduk  
(Sumber : Rahmadian, 2008)

Waduk berdasarkan fungsinya diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Waduk eka guna (*single purpose*)

Waduk *single purpose* artinya waduk yang dioperasikan untuk memenuhi satu kebutuhan saja, misal hanya memenuhi kebutuhan irigasi. Waduk semacam ini pengoperasiannya lebih mudah karena tidak adanya konflik kepentingan antar konsumen satu dengan yang lain.

2. Waduk multi guna (*multi purpose*)

Waduk *multi purpose* adalah waduk yang berfungsi untuk memenuhi berbagai kebutuhan seperti irigasi, air baku, pemeliharaan sungai, PLTA, pariwisata, dll. Kombinasi dari banyak kebutuhan ini harus dioptimalkan dengan baik pembagiannya agar air yang tersedia dapat dialokasikan secara merata sesuai kebutuhan.

Pada kasus ini Waduk Bendo merupakan waduk multi guna (*multi purpose*), yang mana nantinya waduk ini akan memenuhi kebutuhan irigasi, air baku domestik maupun non-domestik, serta kebutuhan pemeliharaan sungai.

## **2.2 Analisis Hidrologi**

### **2.2.1 Curah hujan**

Analisis hidrologi yang pertama adalah curah hujan. Pada tugas akhir ini, data hujan diperoleh dari situs web *giovanni.gsfc.nasa.gov* data **TRMM** (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). TRMM adalah data presipitasi (hujan) yang didapat dari satelit meteorologi bernama TRMM. TRMM dikembangkan oleh NASA (National Aeronautics and Space Administration) dan JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), (Syaifullah, 2014).

Bentuk tampilan dari situs web tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



The screenshot shows the GIOVANNI web interface with the following details:

- Search Parameters:** Date Range (1997-12-31 to 2016-12-30), Region (111.3025, 8.1519, 111.709, -7.7563).
- Search Results Table:**

Variable	Units	Source	Temp Res	Spat Res	Begin Date	End Date	Vert. Slice
Base-Rain-Time Precipitation Rate (TRMM_3B42G.v7)	mm/hr	TRMM	3-hourly	0.25°	2003-03-01	2019-05-19	-
Cloud Ice (TRMM_3A12.v7)	g/m <sup>3</sup>	TRMM	Monthly	0.5°	1997-12-01	2015-03-31	0.5 km
Surface Convective Precipitation Rate (TRMM_3A12.v7)	mm/hr	TRMM	Monthly	0.5°	1997-12-01	2015-03-31	-
General (TRMM_3A12.v7)	g/m <sup>3</sup>	TRMM	Monthly	0.5°	1997-12-01	2015-03-31	8.5 km
Latent Heating (TRMM_3A12.v7)	Ch/r	TRMM	Monthly	0.5°	1997-12-01	2015-03-31	8.5 km
Precipitation (Rain) (TRMM_3A12.v7)	g/m <sup>3</sup>	TRMM	Monthly	0.5°	1997-12-01	2015-03-31	8.5 km
Precipitation (Snow) (TRMM_3A12.v7)	g/m <sup>3</sup>	TRMM	Monthly	0.5°	1997-12-01	2015-03-31	8.5 km
Precipitation Rate (TRMM_3A12.v7)	mm/hr	TRMM	Monthly	0.5°	1997-12-01	2015-03-31	-

**Gambar 2.2** Bagian Utama Waduk  
(Sumber : giovanni.gsfc.nasa.gov)

## 2.2.2 Curah hujan efektif

Curah hujan efektif atau andalan adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan air tanaman. Dengan kata lain, curah hujan efektif merupakan besaran curah hujan yang langsung dapat dimanfaatkan tanaman pada masa pertumbuhannya. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman tergantung pada jenis tanaman itu sendiri. Curah hujan yang turun tidak semuanya dapat digunakan untuk tanaman dalam pertumbuhannya, oleh karena itu perlu dicari curah hujan efektifnya. Analisa ini dilakukan untuk menghitung kebutuhan air irigasi.

Curah hujan efektif (Reff) ditentukan berdasarkan besarnya  $R_{80}$  yang merupakan curah hujan yang 80% lebih kejadiannya terjadi lebih dari  $R_{80}$ . Perhitungan curah hujan efektif beberapa jenis tanaman menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-01 adalah sebagai berikut:

### a. Curah Hujan Efektif Padi

Curah hujan efektif untuk padi adalah 70% dari curah hujan tengah bulanan yang terlampaui 80% dari waktu dalam periode

tersebut yang dapat dihitung melalui simulasi dengan memanfaatkan data curah hujan harian minimal 10 tahun.

$$Re_{padi} = \frac{R_{80} \times 70\%}{n} \quad (2.1)$$

Dimana:

$Re_{padi}$  = curah hujan efektif tanaman padi (mm/hari)

$R_{80}$  = curah hujan efektif melampaui 80% (mm/hari)

$n$  = jumlah pengamatan

b. Curah Hujan Efektif Palawija

Curah hujan efektif palawija berbeda dengan perhitungan curah hujan efektif padi. Perhitungan ini membutuhkan kedalaman muka air tanah, dengan rumusan sebagai berikut:

$$Re_{pal} = fd \times (1,25 \times R_{50}^{0,824} - 2,93) \times 10^{0,00095 \times E_0} \quad (2.2)$$

Dimana :

$Re_{pal}$  = curah hujan efektif palawija (mm/hari)

$fd$  = faktor kedalaman muka air tanah yang diperlukan  
 $= 0,53 + (0,00016 \times 10^{-5} \times D^2) + (2,32 \times 10^{-7} \times D^3)$

$D$  = kedalaman muka air tanah yang diperlukan

Berikut ini adalah tabel nilai D setiap jenis tanaman

**Tabel 2.1** Nilai D Sesuai Jenis Tanaman (Sumber : FAO, 1977)

Tanaman	Dalamnya akar (m)	Fraksi air yang tersedia	Air tanah yang siap pakai (mm)		
			Halus	Sedang	Kasar
Kedelai	0,6 – 1,3	0,5	100	75	35
Jagung	1,0 – 1,7	0,6	120	80	40
Kacang tanah	0,5 – 1,0	0,4	80	55	25
Bawang	0,3 – 0,5	0,25	50	35	15
Buncis	0,5 – 0,7	0,45	90	65	30
Kapas	1,0 – 1,7	0,63	120	90	40
Tebu	1,2 – 2,0	0,65	130	90	40

### 2.3 Analisis Klimatologi

Hidrologi suatu wilayah bergantung pada iklim dan rupa bumi (topografi) serta geologinya. Iklim sebagian besar bergantung pada kedudukan geografi suatu tempat di permukaan bumi. Perhitungan hidrologi mengharuskan pengumpulan data, diantaranya mengenai kelembaban, suhu, penyinaran matahari, dan kecepatan angin. (E.M. Wilson, 1989)

a. Kelembaban

Udara dengan mudah menyerap kelengasan dalam bentuk uap air. Banyaknya bergantung pada suhu udara dan air di daerah setempat. Semakin tinggi suhu udara, semakin banyak uap air yang dapat dikandungnya. Uap air biasanya diukur dalam satuan bar ( $1 \text{ bar} = 100 \text{ kN/m}^2$ ;  $1 \text{ milibar} = 10^2 \text{ N/m}^2$ ) atau milimeter turus raksa (Hg) ( $1 \text{ mmHg} = 1,33 \text{ mbar}$ ).

b. Suhu

Suhu udara dicatat dengan termometer yang ditempatkan dalam kotak yang terbuka. Dalam hal ini, perlindungan terhadap hujan dan penyinaran matahari perlu diadakan.

c. Penyinaran Matahari

Kebanyakan stasiun meteorologi dilengkapi dengan radiometer untuk pengukuran lama penyinaran. Baik sinar gelombang pendek yang berupa jumlah aljabar semua sinar yang masuk maupun sinar gelombang pendek dan gelombang panjang yang terpantul dari permukaan bumi.

d. Kecepatan Angin

Kecepatan dan arah angin masing-masing dihitung dengan anemometer dan penunjuk arah angin. Anemometer yang lazim digunakan adalah anemometer cawan yang berbentuk dari lingkaran kecil sebanyak tiga sampai empat cawan yang berputar mengitari sumbu tegak. Kecepatan putar mengukur kecepatan angin dan jumlah seluruh putaran itu memberi ukuran berapa

jangkau angin, jarak tempuh kantung tertentu udara dalam waktu yang ditetapkan.

Analisis klimatologi ini akan digunakan untuk menghitung Evapotranspirasi potensial ( $Et_0$ ) yang nanti berguna untuk perhitungan kebutuhan air *Need Field Requirement* (NFR). Pada kasus tugas akhir ini, metode yang digunakan untuk perhitungan  $Et_0$  adalah *Penman Method* (1948), seperti Tabel 2.2 berikut.

**Tabel 2.2** Data Klimatologi yang Dibutuhkan untuk Perhitungan  $Et_0$  (Sumber : FAO, 1977)

Method	Temperature	Humidity	Wind	Sunshine	Radiation	Evaporation	Environ.
Blaney-Criddle	*	0	0	0			0
Radiation	*	0	0	*	(*)		0
Penman	*	*	*	*	(*)		0
Pan evaporation		0	0			*	*

\* measured data; 0 estimated data; (\*) if available, but not essential

Rumus yang digunakan oleh *Penman* adalah:

$$ET_0 = c \left[ W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(U) \cdot (ea - ed) \right] \quad (2.3)$$

Dimana :

$ET_0$  = evapotranspirasi (mm/hari)

$c$  = faktor pendekatan

$W$  = faktor berat atau faktor bobot

$R_n$  = radiasi penyinaran matahari bersih

$f(U)$  = fungsi kecepatan angin

$ea$  = tekanan uap air jenuh (mm/bar)

$ed$  = tekanan uap air nyata (mm/bar)

a. Faktor Pendekatan (C)

Nilai C adalah faktor pendekatan akibat pengaruh dari kecepatan udara waktu malam dan siang serta relatif humidity (Rh). Tabel 2.3 berikut ini merupakan tabel untuk menentukan besarnya nilai C.

**Tabel 2.3** Nilai Faktor Pendekatan (Sumber : FAO, 1977)

Rs mm / day	Rhmax = 30 %				Rhmax = 60 %				Rhmax = 90 %			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Uday m /sec	Uday / Night = 4.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.79	0.84	0.92	0.97	0.92	1.00	1.11	1.19	0.99	1.10	1.27	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.93	0.85	0.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.33
9	0.55	0.65	0.78	0.90	0.76	0.88	1.02	1.14	0.88	1.01	1.16	1.27
	Uday / Night = 3.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.76	0.81	0.88	0.94	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.14	1.18	1.28
6	0.61	0.68	0.81	0.88	0.77	0.88	1.02	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.46	0.56	0.72	0.82	0.67	0.79	0.88	1.05	0.78	0.92	1.06	1.18
	Uday / Night = 2.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.69	0.76	0.85	0.92	0.83	0.91	0.99*	1.05*	0.89	0.98	1.10*	1.14*
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.80	0.94	1.02	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.48	0.65	0.76	0.59	0.70	0.84	0.95	0.71	0.81	0.96	1.06
	Uday / Night = 1.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.64	0.71	0.82	0.89	0.78	0.86	0.94*	0.99*	0.85	0.92	1.01*	1.05*
6	0.43	0.53	0.68	0.79	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.95	1.00
9	0.27	0.41	0.59	0.70	0.50	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96

b. Faktor Bobot ( $W$ )

Faktor bobot ( $W$ ) merupakan faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial.  $W$  sendiri dapat ditentukan menggunakan Tabel 2.4 berikut.

**Tabel 2.4** Faktor Bobot ( $W$ ) (Sumber : FAO, 1977)

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W at altitude m	0.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77*	.78	.80	.82	.83	.84	.85
500	.44	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.85	.86
1 000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.86	.87
2 000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88
3 000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88	.89
4 000	.54	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.89	.90	.90

**Tabel 2.5** Faktor Bobot ( $I - W$ ) (Sumber : FAO, 1977)

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
(I-W) at altitude m	0.57	.54	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.32	.29	.27	.25	.23*	.22	.20	.19	.17	.16	.15
500	.56	.52	.49	.46	.43	.40	.38	.35	.33	.30	.28	.26	.24	.22	.21	.19	.18	.16	.15	.14
1 000	.54	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.20	.18	.17	.15	.14	.13
2 000	.51	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12
3 000	.48	.45	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12	.11
4 000	.46	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12	.11	.10

c. Fungsi Kecepatan Angin  $f(U)$

Fungsi  $f(U)$  dihitung dengan kecepatan angin selama 24 jam pada ketinggian 2 m dengan mengetahui kecepatan angin tersebut  $f(U)$  dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.

**Tabel 2.6** Fungsi  $f(U)$  (Sumber : FAO, 1977)

Wind km/day	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	-	.30	.32	.35	.38	.41	.43	.46	.49	.51
100	.54	.57	.59	.62	.65	.67	.70	.73	.76	.78
200	.81	.84	.86	.89*	.92	.94	.97	1.00	1.03	1.05
300	1.08	1.11	1.13	1.16	1.19	1.21	1.24	1.27	1.30	1.32
400	1.35	1.38	1.40	1.43	1.46	1.49	1.51	1.54	1.57	1.59
500	1.62	1.65	1.67	1.70	1.73	1.76	1.78	1.81	1.84	1.90
600	1.89	1.92	1.94	1.97	2.00	2.02	2.05	2.08	2.11	2.15
700	2.16	2.19	2.21	2.24	2.27	2.29	2.32	2.35	2.38	2.40
800	2.43	2.46	2.48	2.51	2.54	2.56	2.59	2.62	2.64	2.65
900	2.70									

d. Tekanan Uap Air ( $e_a / e_d$ )

Besarnya tekanan uap air jenuh maupun nyata bergantung pada temperatur udara dan ketinggian setempat. Dengan 2 data tersebut,  $e_a$  dan  $e_d$  dapat dilihat melalui Tabel 2.7 sampai Tabel 2.9 berikut:

**Tabel 2.7** Tekanan Uap Air Jenuh ( $e_a$ ) (Sumber : FAO, 1977)

Temperature (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$e_a$ (mbar)	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10	10.7	11.5	12.3	13.1	14	15	16.1	17	18.2	19.4	20.6	22
Temperature (°C)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
$e_a$ (mbar)	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

**Tabel 2.8** Tekanan Uap Air Nyata (*ed*) Pengukuran dengan *Aspirated Psychrometer* (Sumber : FAO, 1977)

Depression wet bulb °C (altitude 0 - 1000 m)													Wet bulb °C	Depression wet bulb °C (altitude 1000 - 2000 m)												
0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		
73.8	64.9	56.8	49.2	42.2	35.8	29.8	24.3	19.2	14.4	10.1	6	40	73.8	65.2	57.1	49.8	43	41.8	31	25.6	20.7	16.2	12	8.1		
66.3	58.1	50.5	43.6	37.1	31.1	25.6	20.5	15.8	11.4	7.3		38	66.3	58.2	50.9	44.1	37.9	36.7	26.8	21.8	17.3	13.2	9.2	5.7		
59.4	51.9	44.9	38.4	32.5	26.9	21.8	17.1	12.7	8.6	4.9		36	59.4	52.1	45.2	39	33.3	32.1	23	18.4	14.3	10.4	6.8	3.5		
53.2	46.2	39.8	33.8	28.3	23.2	18.4	14	10	6.2			34	53.2	46.4	40.1	34.4	29.1	24.1	19.6	15.4	11.5	8	4.6	1.5		
47.5	41.1	35	29.6	24.5	19.8	15.4	11.3	7.5	4			32	47.5	41.3	35.5	30.2	25.3	20.7	16.6	12.6	9.1	5.8	2.6			
42.4	36.5	30.9	25.8	21.1	16.7	12.6	8.8	5.3				30	42.4	36.7	31.3	26.4	21.9	17.7	13.8	10.2	6.9	3.8	0.9			
37.8	32.3	27.2	22.4	18	14	10.2	6.7	3.4				28	37.8	32.5	27.5	23	18.9	14.9	11.4	8	4.9	2.1				
33.6	28.5	23.8	19.4	15.3	11.5	8	4.7	1.6				26	33.6	28.7	24.1	20	16.1	12.5	9.2	6	3.2	0.5				
29.8	25.4	20.7	16.6	12.8	9.3	6	2.9					24	29.8	25.3	21.1	17.2	13.9	10.3	7.2	4.3	1.6					
26.4	22	18	14.2	10.6	7.4	4.3	1.4					22	26.4	22.3	18.3	14.3	11.5	8.3	5.5	2.7	0.2					
23.4	19.3	15.5	12	8.7	5.6	2.7						20	23.4	19.5	15.9	12.6	9.5	6.6	3.9	1.3						
20.5	16.8	13.3	10	6.9	4.1	1.4						18	20.5	17.1	13.7	10.6	7.8	5	2.5	0.1						
18.2	14.6	11.4	8.3	5.4	2.7							16	18.2	14.9	11.7	8.9	6.2	3.6	1.3							
16	12.7	9.6	6.7	4	1.5							14	16	12.9	10	7.3	4.8	2.4	0.3							
14	10.9	8.1	5.3	2.8								12	14	11.2	8.4	5.9	3.6	1.4								
12.3	9.4	6.7	4.1	1.7								10	12.3	9.6	7	4.7	2.6	0.4								
10.7	8	5.5	3.1	0.8								8	10.7	8.2	5.8	3.7	1.6									
9.3	6.8	4.4	2.1									6	9.3	7	4.8	2.7	0.7									
8.1	5.7	3.4	1.6									4	8.1	6	3.8	1.8										
7.1	4.8	2.8	0.8									2	7.1	5	2.9	1										
6.1	4	2										0	6.1	4.1	2.1											

**Tabel 2.9** Tekanan Uap Air Nyata (*ed*) Pengukuran dengan Non-*Ventilated Psychrometer* (Sumber : FAO, 1977)

Depression wet bulb °C (altitude 0 - 1000 m)													Wet bulb °C	Depression wet bulb °C (altitude 1000 - 2000 m)												
0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		
73.8	64.7	56.2	48.4	41.2	34.4	28.2	22.4	17	12	7.4	3	40	73.8	64.9	56.7	49.1	42	35.6	29.6	34.1	18.9	14.1	9.8	5.6		
66.3	57.8	50	42.8	36	29.8	24	18.6	13.6	9	4.6	0.6	38	66.3	58.0	50.5	43.4	36.9	31	25.4	20.3	15.5	11.1	7	3.2		
59.4	51.6	44.4	37.6	31.4	25.6	20.2	15.2	10.6	6.2	2.2		36	59.4	51.8	44.8	38.3	32.3	26.8	21.2	16.9	12.5	8.3	4.6	1		
53.2	45.9	39.2	33	27.2	21.8	16.8	12.2	7.8	3.8			34	53.2	46.1	39.7	33.7	28.1	23	18.2	13.9	9.7	5.9	2.4			
47.5	40.8	34.6	28.8	23.4	18.4	13.8	9.4	5.4	1.6			32	47.5	41.0	35.1	29.5	24.3	19.6	15.2	11.1	7.3	3.7	0.4			
42.4	36.2	30.4	25	20	15.4	11	7	3.2				30	42.4	36.4	30.9	25.7	20.9	16.6	12.4	8.7	5.1	1.7				
37.8	32.0	26.6	21.6	17	12.6	8.6	4.8	1.2				28	37.8	32.2	27.1	22.3	17.9	13.8	10	6.5	3.1					
33.6	28.2	23.2	18.6	14.2	10.2	6.4	2.8					26	33.6	28.4	23.7	19.3	15.1	11.4	7.8	4.5	1.4					
29.8	24.8	20.2	15.8	11.8	8	4.4	1.1					24	29.8	25.0	20.7	16.5	12.7	9.2	5.8	2.8						
26.4	21.8	17.4	13.4	9.6	6	2.7						22	26.4	22.0	17.9	14.1	10.5	7.2	4.1	1.2						
23.4	19.0	15	11.2	7.6	4.3	1.1						20	23.4	19.2	15.5	11.9	8.5	5.5	2.5							
20.5	16.6	12.8	9.2	5.9	2.7							18	20.5	16.8	13.3	9.9	6.8	3.9	1.1							
18.2	14.4	10.8	7.5	4.3	1.4							16	18.2	14.6	11.3	8.2	5.2	2.5								
16	12.4	9.1	5.9	3	0.1							14	16	12.6	9.6	6.6	3.8	1.3								
14	10.7	7.5	4.6	1.7								12	14	10.9	8	5.2	2.6	0.3								
12.3	9.1	6.1	3.3	0.7								10	12.3	9.3	6.7	4	1.6									
10.7	7.7	4.9	2.3									8	10.7	7.9	5.4	3	0.6									
9.3	6.5	3.9	1.5									6	9.3	6.7	4.4	2										
8.1	5.5	2.9	0.9									4	8.1	5.7	3.4	1.1										
7.1	4.5	2.3										2	7.1	4.7	2.5	0.3										
6.1	3.7	1.5										0	6.1	3.8	1.7											

- e. Radiasi Penyinaran Bersih ( $R_n$ )  
*Net Radiation* ( $R_n$ ) adalah radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan semua radiasi masuk maupun keluar.  $R_n$  dapat dihitung dari radiasi atau lama penyinaran, temperatur, dan

kelembaban udara. Rumus untuk menghitung  $R_n$  adalah sebagai berikut:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (2.4)$$

Dimana :

$R_{nl}$  = radiasi gelombang panjang

$R_{ns}$  = radiasi gelombang pendek

Besarnya nilai  $R_{nl}$  dihitung berdasarkan Persamaan 2.5 berikut ini,

$$R_n = f(T) \cdot f(ed) \cdot f(n/N) \quad (2.5)$$

Nilai  $f(T)$ ,  $f(ed)$ , dan  $f(n/N)$  dapat diketahui melalui Tabel 2.10, Tabel 2.11, dan Tabel 2.12.

**Tabel 2.10** Nilai  $f(T)$  pada radiasi gelombang panjang (Sumber :  
FAO, 1977)

T°C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
f(T)	11	11.4	11.7	12	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

**Tabel 2.11** Nilai  $f(ed)$  pada radiasi gelombang panjang (Sumber :  
FAO, 1977)

ed (mbar)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
f(ed)	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06

**Tabel 2.12** Nilai  $f(n/N)$  pada radiasi gelombang panjang (Sumber :  
FAO, 1977)

n/N	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1
f(n/N)	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37	0.42	0.46	0.51	0.55	0.60	0.64	0.69	0.73	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96	1.00

Besarnya nilai  $R_{ns}$  dapat dihitung dengan Persamaan 2.6.

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (2.6)$$

Dimana :

$$\alpha = 0,25$$

$R_s$  = radiasi matahari

Perhitungan radiasi matahari ( $R_s$ ) sesuai Persamaan (2.7) berikut ini,

$$R_s = \{a + b(n/N)\} R_a \quad (2.7)$$



untuk daerah tropis :  $a = 0,25$

$b = 0,50$

untuk daerah sub-tropis :  $a = 0,20$

$b = 0,25$

Nilai  $N$  merupakan lamanya siang hari yang tergantung dari letak geografis (lintang) dan bulan (jam), didapat dari Tabel 2.13 di bawah. Nilai  $n$  merupakan lamanya penyinaran matahari didapat dari alat pengukuran (jam).

**Tabel 2.13** Lama Penyinaran Maksimum Rata-rata per Hari ( $N$ )  
(Sumber : FAO, 1977)

Lintang U	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Lintang S	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
50	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.2	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14	12.6	11	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15	14.7	13.7	12.5	11.2	10	9.3
35	10.1	11	11.9	13.1	14	14.5	14.5	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12	12.9	13.6	14	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12	12.7	13.3	13.7	13.5	13	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11	11.5	12	12.6	13.4	13.3	13.2	12.3	12.3	11	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13	12.9	12.2	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.4	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12	12	12.2	12.3	12.4	12.4	12.4	12	11.9	11.8
0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Radiasi terrestrial ekstra ( $R_a$ ) adalah radiasi yang diterima di atmosfer teratas. Besarnya nilai  $R_a$  tergantung pada garis lintang dan garis bujur suatu wilayah (FAO, 1977). Radiasi Terrestrial Ekstra dapat dilihat pada Tabel 2.14 berikut :

**Tabel 2.14** Radiasi *Terrestrial Ekstra (Ra)* (Sumber : FAO, 1977)

Northern Hemisphere													Lat	Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	(°)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50	17.5	14.7	10.9	7	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2	
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4	6	9.3	13.2	16.6	18.2	
4.9	7.1	10.2	13.3	16	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.2	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3	
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.8	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3	
5.9	8.1	11	14.0	16.2	17.3	16.7	15	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.3	7.4	10.6	14	16.8	18.3	
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.8	7.9	11	14.2	16.9	18.3	
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17	18.3	
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17	18.2	
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8	6.8	7.3	9.2	12	14.9	17.1	18.2	
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.8	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1	
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30	17.8	16.4	14	11.3	8.9	7.8	8.2	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1	
9.3	11.1	13.4	15.3	16.4	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.7	10.4	13	15.4	17.2	17.9	
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.4	12	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8	
10.2	11.9	13.9	15.4	16.3	16.6	16.5	15.8	14.6	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.6	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7	
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.8	13.0	11.1	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10	11.6	13.7	15.7	17	17.5	
11.2	12.7	14.4	15.6	16.1	16.4	16.3	15.9	14.9	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15	13	11	10	10.4	12	13.9	15.8	17	17.4	
11.6	13.0	14.6	15.6	16.0	16.1	16.1	15.8	15.0	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1	
12.0	13.3	14.7	15.6	15.8	15.9	15.9	15.7	15.1	13.9	12.4	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8	
12.4	13.6	14.9	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.2	14.1	12.8	12.0	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6	
12.8	13.9	15.1	15.7	15.5	15.5	15.5	15.6	15.3	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14	12.5	11.6	12	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5	
13.2	14.2	15.3	15.7	15.3	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2	
13.6	14.5	15.3	15.6	15.1	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16	16	
13.9	14.8	15.4	15.4	14.9	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.8	16	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14	15	15.7	15.8	15.7	
14.3	15.0	15.5	15.5	14.7	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4	
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1	
15	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	

## 2.4 Debit Aliran Sungai

Debit aliran sungai berpengaruh pada ketersediaan air. Ketersediaan air adalah debit air yang diperkirakan terus menerus ada di suatu lokasi (wadul atau bangunan lain) di suatu sungai dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu tertentu (Direktorat Irigasi, 1980).

Prosedur analisis ini dipengaruhi oleh ketersediaan data. Bilamana diperoleh data dalam jumlah yang cukup panjang, maka analisis ini dapat dilaksanakan dengan analisis frekuensi terhadap data tersebut. Akan tetapi bilamana tidak memperoleh data yang cukup, maka dapat diterapkan simulasi hujan-aliran.

### 2.4.1 Penelusuran data debit dengan data hujan

Metode untuk menyimulasikan data hujan menjadi debit diantaranya adalah Model FJ Mock. Model ini paling sering digunakan terutama pada daerah curah hujan tinggi sampai sedang seperti Sumatera, Kalimantan, Jawa, dan Bali. *Output* dari model ini adalah debit aliran simulasi bulanan. Proses analisisnya adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Air Hujan

Nilai hujan bulanan (P) didapat dari perhitungan curah hujan rata-rata harian lalu menggunakan metode *thiessen* seperti perhitungan hujan sebelumnya.

2. Perhitungan Evapotranspirasi

Evapotranspirasi terbatas ialah evapotranspirasi sebenarnya yang mana mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah sehingga persamaanya adalah sebagai berikut:

$$E = Et_0 \times \frac{d}{30} \times m \quad (2.8)$$

Dimana :

$E$  = perbedaan antara evapotranspirasi potensial dan terbatas (mm)

$Et_0$  = evapotranspirasi potensial (mm)

$d$  = jumlah hari kering tanpa hujan dalam sebulan

$m$  = prosentase lahan yang tidak tertutup vegetasi dan diambil

→  $m = 0\%$  untuk lahan dengan hutan lebat

→  $m = 0\%$  pada akhir musim hujan, dan penambahan 10% setiap bulan kering untuk lahan dengan hutan sekunder.

→  $m = 10\% - 40\%$  untuk lahan yang terisolasi

→  $m = 20\% - 50\%$  untuk lahan pertanian yang diolah (sawah, ladang, perkebunan, dan lain-lain)

Jumlah hari kering ( $d$ ) dihitung dengan asumsi bahwa tanah hanya mampu menahan air setinggi 12 mm dan menguap 4 mm setiap harinya. Berdasarkan frekuensi curah hujan di Indonesia dan sifat infiltrasi serta penguapan dari tanah permukaan, didapat hubungan sebagai berikut:

$$d = 3/2 \times (18 - h) \text{ atau } d = 27 - 3/2 h \quad (2.9)$$

Dimana :

$h$  = jumlah hari hujan dalam sebulan

Selanjutnya dari Persamaan (2.10) dan Persamaan (2.11) didapatkan persamaan:

$$\frac{E}{E_{i_0}} = \left( \frac{m}{20} \right) (18 - h) \quad (2.10)$$

$$E_t = E_{i_0} - E \quad (2.11)$$

Dimana :

$E_t$  = evapotranspirasi terbatas (mm)

### 3. Keseimbangan Air di Permukaan Tanah

Keseimbangan air di permukaan tanah dihitung berdasarkan besarnya curah hujan bulanan dikurangi dengan nilai evapotranspirasi terbatas rata-rata bulanan, sehingga diperoleh suatu persamaan:

$$\Delta S = P - E_t \quad (2.12)$$

Dimana :

$\Delta S$  = perubahan kandungan air tanah (*soil storage*). Nilainya positif jika  $P > E_t$ , artinya air masuk ke dalam tanah. Bernilai negatif

jika  $P < E_t$ , artinya sebagian air akan keluar sehingga akan terjadi defisit.

*Soil storage* merupakan perubahan volume air yang ditahan oleh tanah yang besarnya bergantung pada  $(P - E_t)$  *soil storage* bulan sebelumnya.

*Soil moisture* merupakan volume air untuk melembabkan tanah yang besarnya bergantung  $(P - E_t)$  *soil storage* dan *soil moisture* bulan sebelumnya.

Kapasitas *soil moisture* merupakan volume air yang diperlukan untuk mencapai kapasitas kelengasan tanah.

*Water surplus* merupakan volume air yang akan masuk ke permukaan tanah, dimana  $water\ surplus = (P - E_t) - soil\ storage$  dan bernilai 0 jika  $(P - E_t) < soil\ storage$ .

*Initial storage* merupakan besarnya volume pada saat permulaan mulainya perhitungan. Volume tersebut ditaksir sesuai dengan keadaan musim. Pada musim hujan nilainya sama dengan *soil moisture capacity*, akan tetapi pada saat kemarau pada umumnya dipakai data kadar air tanah.

#### 4. Simpanan Air Tanah (ground water storage)

Nilai *run off* dan *ground water storage* bergantung pada keseimbangan air dan kondisi tanahnya. Data yang diperlukan untuk menghitung besarnya adalah :

Koefisien infiltrasi (I) : 0,2 – 0,5

Faktor resesi air tanah (k): 0,4 – 0,7

persamaan:

$$I = \text{water surplus} \times i \quad (2.13)$$

$$V_n = k \cdot V_{(n-1)} + 0,5(1+k)I \quad (2.14)$$

$$DV_n = V_n - V_{(n-1)} \quad (2.15)$$

Dimana :

$I$  = infiltrasi volume air tanah yang masuk ke dalam tanah.

$V_n$  = volume air tanah.

$DV_n$  = perubahan volume air tanah bulan ke-n.

$V_{(n-1)}$  = volume air tanah bulan ke (n-1).

$i$  = koefisien infiltrasi.

## 5. Aliran Sungai

*Interflow* = infiltrasi – volume air tanah (mm)

*Direct run off* = *water surplus* – infiltrasi (mm)

*Baseflow* = aliran sungai yang ada sepanjang tahun ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )

*Run off* = *interflow* + *direct run off* + *baseflow* ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )

### 2.4.2 Debit andalan

Debit andalan merupakan besarnya debit yang diandalkan untuk memenuhi kebutuhan air dengan risiko kegagalan yang telah ditentukan. Analisis ini bertujuan untuk menentukan debit rencana yang diharapkan dapat selalu tersedia di suatu sungai (Soemarto, 1999). Debit ini digunakan sebagai patokan ketersediaan air yang tergenang pada suatu waduk pada waktu pengoperasian.

Pada kasus tugas akhir ini akan direncanakan debit andalan 80%, artinya risiko kegagalan sebesar 20%. Data debit ini diperoleh dari di lapangan lalu dihitung debit andalannya dengan menggunakan *duration curve*. *Duration curve* merupakan hubungan antara debit dengan probabilitas munculnya *range* debit yang sama dalam cakupan data.

## 2.5 Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan air digunakan sebagai perhitungan volume air keluar waduk (*outflow*). Pada kasus tugas akhir ini, kebutuhan air meliputi irigasi, air baku, dan pemeliharaan sungai.

### a. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air suatu tanaman.

Kebutuhan air tersebut dipengaruhi beberapa faktor, antara lain :

#### 1. Jenis dan Variasi Tanaman

Jenis tanaman yang umum ditanam adalah padi, tebu, dan palawija. Variasi penanaman dikelompokkan menjadi tiga musim tanam dalam setahun. Jenis dan variasi tersebut akan membentuk

suatu pola tanam yang akan disusun berdasarkan debit andalan yang tersedia.

## 2. Variasi Koefisien Tanaman

Variasi koefisien tanam bergantung pada jenis dan tahap pertumbuhan suatu tanaman. Koefisien tanaman padi dan palawija dapat dilihat pada Tabel 2.15, Tabel 2.16, dan Tabel 2.17 di bawah ini:

**Tabel 2.15** Koefisien Tanaman Padi (Sumber : FAO, 1977)

Periode Tengah Bulanan	PADI				Kedelai
	Nedeco/Prosida		FAO		
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul	
1	1,2	1,2	1,1	1,1	0,5
2	1,2	1,27	1,1	1,1	0,75
3	1,32	1,33	1,1	1,03	1,0
4	1,4	1,30	1,1	1,05	0,82
5	1,35	1,30	1,1	0,95	0,45
6	1,24	0	1,05	0	
7	1,10		0,95		
8	0		0		

**Tabel 2.16** Koefisien Tanaman Tebu (Sumber : FAO, 1977)

Umur Tanaman		Tahap Pertumbuhan	RH < 70%		RH < 20%	
12 bulan	24 bulan		Angin kecil s/d sedang	Angin kencang	Angin kecil s/d sedang	Angin kencang
0 – 1	0 – 2,5	saat tanam s/d 0,25 rimbun*)	0,35	0,6	0,4	0,45
1 – 2	2,5 – 3,5	0,25 – 0,5 rimbun	0,8	0,85	0,75	0,8
2 – 2,5	3,5 – 4,5	0,5 – 0,75 rimbun	0,9	0,95	0,95	1,0
2,5 – 4	4,5 – 6	0,75 – rimbun	1,0	1,1	1,1	1,2
4 – 10	6 – 17	Penggunaan air puncak	1,05	1,25	1,25	1,3
10 – 11	17 – 22	Awal berbunga	0,8	0,95	0,95	1,05
11 – 12	22 – 24	Menjadi masak	0,6	0,7	0,7	0,75

**Tabel 2.17** Koefisien Tanaman Palawija (Sumber : FAO, 1977)

Setengah bulan ke	Koefisien Tanaman					
	Kedelai	Jagung	Kac.tanah	Bawang	Buncis	Kapas
1	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
2	0,75	0,59	0,51	0,51	0,64	0,50
3	1,00	0,96	0,66	0,69	0,89	0,58
4	1,00	1,05	0,85	0,90	0,95	0,75
5	0,82	1,02	0,95	0,95	0,88	0,91
6	0,45	0,95	0,95	-	-	1,04
7	-	-	0,55	-	-	1,05
8	-	-	0,55	-	-	1,05
9	-	-	-	-	-	1,05
10	-	-	-	-	-	0,78
11	-	-	-	-	-	0,65
12	-	-	-	-	-	0,65
13	-	-	-	-	-	0,65

### 3. Area Tanam

Area tanam adalah luas lahan yang menjadi daerah irigasi (DI). Luas tersebut sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air irigasi total.

### 4. Sistem Golongan

Sistem golongan adalah penggolongan luasan DI menjadi beberapa bagian menurut waktu persiapan pengolahan lahan. Selang waktunya yaitu 10 sampai 15 hari.

### 5. Perkolasi

Perkolasi merupakan gerakan air menuju lapisan *moisture content* suatu tanah. Laju perkolasi tergantung pada tekstur suatu tanah dan kedalaman permukaan air. Perkolasi suatu tanah umumnya 1-5 mm/hari. Tabel 2.18 merupakan perkolasi tanah berdasarkan teksturnya,

**Tabel 2.18** Penguapan Berdasarkan Tekstur Tanah (Sumber : FAO, 1977)

Teksture Tanah	Perkolasi (mm/hr)
1. Clay	1 – 1,5
2. Silti clay	1,5 – 2
3. Clay loan, silty clay loan	2 – 2,5
4. Mudy clay loan	2,5 – 3
5. Sandy loan	3 - 5



#### 6. Kebutuhan Untuk Mengganti Lapisan Air (WLR)

Penggantian lapisan air dilakukan supaya mengurangi reduksi pada tanah dan pertumbuhan suatu tanaman. Kebutuhan air untuk mengganti lapisan air diatur pada Standar Perencanaan Irigasi KP-01 (SPI KP-01). Besar kebutuhan air untuk penggantian lapisan air adalah sebesar 50 mm/bulan (setara dengan 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

#### 7. Kebutuhan Air Konsumtif

Kebutuhan air konsumtif merupakan kebutuhan air untuk tanaman di suatu lahan dengan memasukkan koefisien tanaman ( $kc$ ). Kebutuhan air dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$E_{tc} = E_{t_0} \times kc \quad (2.16)$$

Dimana :

$E_{tc}$  = kebutuhan air konsumtif (mm/hari)

$E_{t_0}$  = evapotranspirasi (mm/hari)

$kc$  = koefisien tanaman

#### 8. Kebutuhan Air Sawah

Kebutuhan air irigasi atau *Net Field Requirement* (NFR) adalah total kebutuhan irigasi termasuk evaporasi, perkolasi, penyiapan maupun penggenangan/lapisan. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$NFR_{padi} = E_{tc} + P + WLR - Re_{padi} \quad (2.17)$$

$$NFR_{pal} = E_{tc} + P - Re_{pal} \quad (2.18)$$

Dimana :

$NFR$  = kebutuhan air sawah (mm/hari)

$E_{tc}$  = kebutuhan air konsumtif (mm/hari)

$P$  = perkolasi (mm/hari)

$WLR$  = penggantian lapisan air/penggenangan (mm/hari)

$Re$  = curah hujan efektif padi/palawija (mm/hari)

### 9. Efisiensi Irigasi (EI)

Efisiensi irigasi digunakan sebagai faktor penentu kebutuhan air di pintu pengambilan/intake. Nilai efisiensi irigasi didasarkan pada asumsi bahwa sebagian jumlah air yang diambil di intake akan hilang baik di sawah maupun saat mengalir di saluran. Kehilangan tersebut disebabkan oleh evaporasi, infiltrasi, maupun kegiatan eksploitasi. Oleh karena itu, kebutuhan air di bangunan *intake* harus lebih besar dari kebutuhan air di sawah.

### 10. Kebutuhan Air di Pintu *Intake*

Dengan mengetahui NFR dan EI, maka kebutuhan air di *intake* dapat diketahui dengan rumus :

$$DR = \frac{NFR}{8,64EI} \quad (2.19)$$

Dimana :

$DR$  = kebutuhan air di *intake* (lt/dt/ha).

$NFR$  = kebutuhan bersih air di sawah (mm/hari).

$EI$  = efisiensi irigasi (%).

8,64 = angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/ha.

### b. Kebutuhan Air Baku

Dalam peraturan pemerintah, yang dimaksud dengan air baku ialah air untuk minum dan berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air siap minum. Dalam pengertian sumber daya air, ketersediaan air pada dasarnya berasal dari air hujan, air permukaan, dan air tanah. Hujan yang jatuh di atas permukaan suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagian akan menguap, sebagian akan mengalir melalui permukaan ataupun saluran, dan sebagian lagi meresap ke dalam tanah. (Bappenas, 2006).

Standar kebutuhan air baku dibagi menjadi dua, yaitu :

#### 1. Kebutuhan Air Domestik

Standar kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air yang dipakai maupun dikonsumsi di rumah hunian pribadi, seperti

memasak, minum, mencuci, dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang digunakan adalah liter/orang/hari. Kriteria perencanaan air baku dapat ditentukan menggunakan Tabel 2.19 di bawah ini,

**Tabel 2.19** Kebutuhan Air Domestik  
(Sumber : Bachmid Tohari, 2018)

No	Katagori Kota	Jumlah Penddk	Kbthan L/Orng/Hr
1	Metropolitan	>1000.000	120
2	Besar	500.00 - 1.000.000	100
3	Sedang	100.000 - 500.000	90
4	Kecil	20.000 - 100.000	60

## 2. Kebutuhan Air Non-domestik

Standar kebutuhan air non-domestik adalah kebutuhan air yang dipakai di luar kebutuhan rumah tangga baik itu komersil maupun kawasan umum. Beberapa yang sering diperhitungkan untuk kebutuhan tersebut adalah untuk kebutuhan perkantoran, rumah sakit, sekolah, dan industri. Besarnya kebutuhan-kebutuhan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.20 berikut,

**Tabel 2.20** Kebutuhan Air Non-Domestik  
(Sumber : Ditjen Cipta Karya PU, 2000)

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	10	Liter/murid hari
2	Rumah sakit	200	Liter/bed.hari
3	Puskesmas	2000	Liter/hari
4	Masjid	3000	Liter/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai hari
6	Pasar	12000	Liter/hektar hari
7	Hotel	150	Liter/bed.hari
8	Rumah makan	100	Liter/tempat duduk.hari
9	Kompleks militer	60	Liter/orang hari
10	Kawasan industri	0,2-0,8	Liter/detik.hari
11	Kawasan pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik.hari

## c. Kebutuhan Air untuk Pemeliharaan Sungai

Suatu sungai akan mengalami degradasi fisik dan fungsinya bilamana tidak dilakukan pemeliharaan yang memadai. Pada suatu waduk, air sungai yang dimanfaatkan di dalamnya harus disisakan dengan besaran tertentu agar degradasi fisik dan disfungsi dari sungai setelah waduk tidak terjadi (Dirjen Sumber Daya Air, 2016).

Debit yang harus dialirkan pada sungai ini minimal sebesar debit yaitu 95%. Jadi untuk mengetahui besaran debitnya (Endro P. Wahono, 2018), maka perlu dibuat *duration curve* terlebih dahulu.

## 2.6 Neraca Air (*Water Balance*)

Perhitungan neraca air ini digunakan untuk mengetahui aliran masuk maupun keluar pada suatu waduk. Perhitungan ini yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam pengoperasian suatu waduk. Model dari neraca air waduk sederhananya seperti rumus berikut,

$$I = O \pm \Delta S \quad (2.20)$$

Dimana :

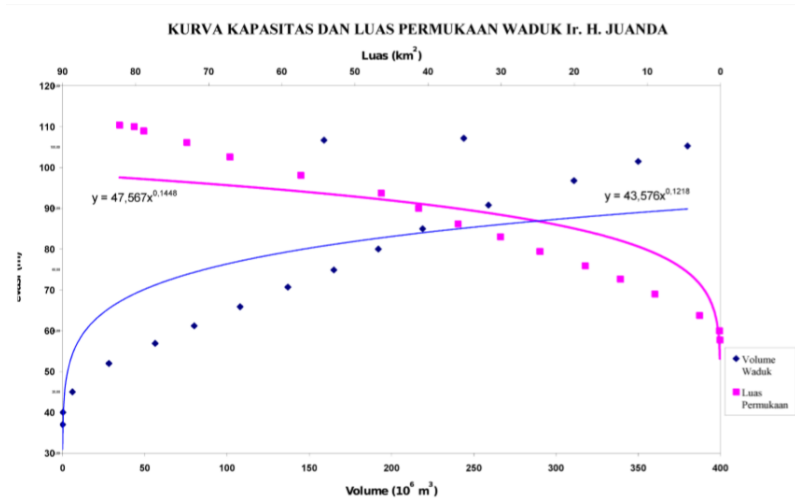
I = inflow (aliran masuk)

O = outflow (aliran keluar)

$\Delta S$  = change in storage (perubahan simpanan air)

## 2.7 Lengkung Kapasitas Waduk

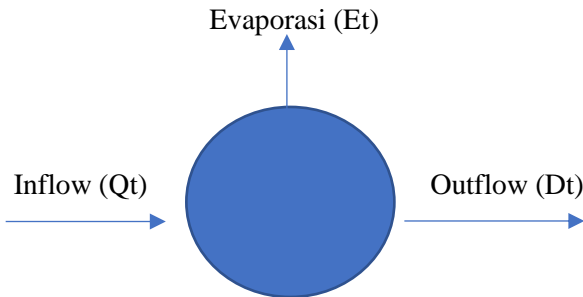
Lengkung kapasitas waduk merupakan grafik hubungan antara area genangan, elevasi, dan volume waduk akibat perubahan debit air yang masuk ke waduk. Lengkung kapasitas tersebut akan berguna untuk mengetahui ketersediaan air yang ada. Contoh dari lengkung kapasitas waduk seperti Gambar 2.3 di bawah ini.



**Gambar 2.3** Lengkung Kapasitas Waduk  
(Sumber : <http://pustaka.pu.go.id>)

**2.8 Simulasi Pengoperasian Waduk**

Bentuk persamaan yang sering digunakan untuk operasi sebuah waduk adalah persamaan kontinuitas, yang mana memberi hubungan antara masukan, keluaaran, dan perubahan tampungan yang disebut analisis perilaku (model simulasi) seperti Gambar 2.4 berikut ini,



**Gambar 2.4** Lengkung Kapasitas Waduk  
(Sumber : Penulis, 2019)

Persamaan tersebut dinyatakan pada Persamaan (2.21).

$$S_{(t+1)} = St + Qt - Dt - Et - Lt \text{ dengan, } 0 < St < C \quad (2.21)$$

Dimana :

$S_{(t+1)}$  = tampungan waduk pada akhir interval waktu  $t + 1$ .

$St$  = tampungan waduk pada interval waktu  $t$ .

$Qt$  = debit inflow pada interval waktu  $t$ .

$Dt$  = debit outflow pada interval waktu  $t$ .

$Et$  = evaporasi pada interval waktu  $t$ .

$Lt$  = kehilangan air di waduk seperti infiltrasi (pada kasus ini tidak diperhitungkan).

$C$  = tampungan efektif.

Pada proses simulasi, yang dimasukkan sebagai inflow adalah presipitasi dan debit sungai yang tersedia dan sebagai outflow dimasukkan kebutuhan irigasi, kebutuhan air baku, serta pemeliharaan sungai, ditambah dengan evaporasi yang terjadi.

Dari simulasi tampungan waduk, didapatkan peluang kegagalan dan keandalan waduk. Persamaan peluang kegagalan yang paling umum digunakan adalah perbandingan jumlah satuan waktu pada waktu waduk kosong dengan jumlah satuan total yang digunakan dalam proses analitis. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$P_e = \frac{P}{N} \quad (2.22)$$

Sedangkan definisi keandalan yang berhubungan adalah:

$$Re = 1 - P_e \quad (2.23)$$

Dimana :

$P_e$  = peluang kegagalan.

$P$  = jumlah satuan waktu pada saat waduk kosong.

$N$  = jumlah periode simulasi.

$Re$  = peluang keandalan.

Sehingga keandalan waduk adalah %  $R_e$ , dengan jumlah kegagalan yang diijinkan sebesar %  $P_e$ . Kegagalan waduk ditentukan dengan prosentase jumlah kegagalan dari total periode simulasi. Sedangkan keandalan waduk ditentukan dengan prosentase jumlah keberhasilan dari total periode simulasi.

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Umum**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, terdapat beberapa metode dan langkah-langkah pengerjaan mulai dari analisis air *inflow* dan *outflow* hingga rencana pengoperasian yang paling efektif. Pertama dengan mengumpulkan data untuk menghitung ketersediaan air, yaitu curah hujan, debit sungai, dan klimatologi di daerah tersebut. Selain itu juga mengumpulkan data untuk mengetahui kebutuhan air yang akan dipakai, yaitu pola tanam di sawah dan jumlah penduduk yang akan memakai air baku pada waduk ini. Setelah ketersediaan dan kebutuhan air diketahui, neraca air (*water balance*) dapat dianalisis. Selanjutnya dilakukan simulasi pengoperasian yang mana kunci utama dari pengoperasian ini ialah elevasi muka air yang dapat dilihat pada waduk setiap waktu. Dari elevasi tersebut akan diketahui volume yang terdapat pada waduk menggunakan lengkung kapasitas. Dengan demikian, pembagian air ke saluran irigasi, air baku, maupun pemeliharaan sungai dapat disesuaikan sesuai prioritasnya.

### **3.2. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan sebagai upaya dalam mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Pada Tugas Akhir ini, referensi tersebut berisikan tentang pengetahuan umum tentang waduk, cara mendapatkan ketersediaan air, menentukan keperluan air, dan tentang pengoperasian waduk.

### **3.3. Pengumpulan Data**

Data-data yang diperlukan pada optimasi perencanaan pengoperasian waduk ini berupa data topografi area waduk untuk penentuan lengkung kapasitas waduk; data hidrologi dan klimatologi untuk menghitung ketersediaan air; serta data pola tanam, luas sawah, jumlah penduduk, dan



### **3.3.1 Data topografi**

Data topografi area waduk diperlukan untuk menghitung dan menentukan grafik lengkung kapasitas waduk. Grafik ini akan berguna untuk mengetahui volume waduk seiring dengan naik turunnya elevasi muka air pada saat pengoperasian.

### **3.3.2 Data hidrologi**

Data hidrologi berupa data curah hujan TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) . Data curah hujan TRMM ini nantinya dihitung rata-ratanya mirip dengan metode *Thiessen*, setelah itu dihitung debitnya menggunakan metode F.J. Mock.

### **3.3.3 Data klimatologi**

Data klimatologi diperlukan untuk menghitung kehilangan energi yang mungkin terjadi. Selain itu, data ini juga dapat digunakan untuk menghitung evapotranspirasi untuk kebutuhan air untuk irigasi.

### **3.3.4 Data pola tanam dan luas daerah irigasi**

Data pola tanam dan luas daerah irigasi berguna untuk perhitungan kebutuhan air irigasi yang nantinya digunakan untuk menghitung kebutuhan air total.

### **3.3.5 Data jumlah penduduk**

Data jumlah penduduk ini diproyeksikan beberapa tahun ke depan untuk kebutuhan air baku, karena jumlah penduduk setiap tahun akan meningkat sesuai laju pertumbuhan tahun sebelumnya. Setelah dihitung, kebutuhan air baku ini dijumlahkan dengan kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai untuk mengetahui kebutuhan totalnya.

## **3.4. Analisis Neraca Air**

Setelah menghitung ketersediaan dan kebutuhan air total, maka dapat diketahui aliran masuk dan keluar setiap bulannya,

serta volume sisa yang masih tersedia pada waduk. Analisis ini nantinya berguna untuk simulasi pengoperasian air waduk.

### **3.5. Proyeksi Lengkung Kapasitas Waduk**

Proyeksi lengkung kapasitas waduk ini berupa grafik yang berguna untuk mengetahui volume suatu waduk dengan hanya melihat elevasi muka air yang ada setiap saat. Volume yang didapat tersebut akan digunakan untuk menentukan pembagian air.

### **3.6. Simulasi Pengoperasian Waduk**

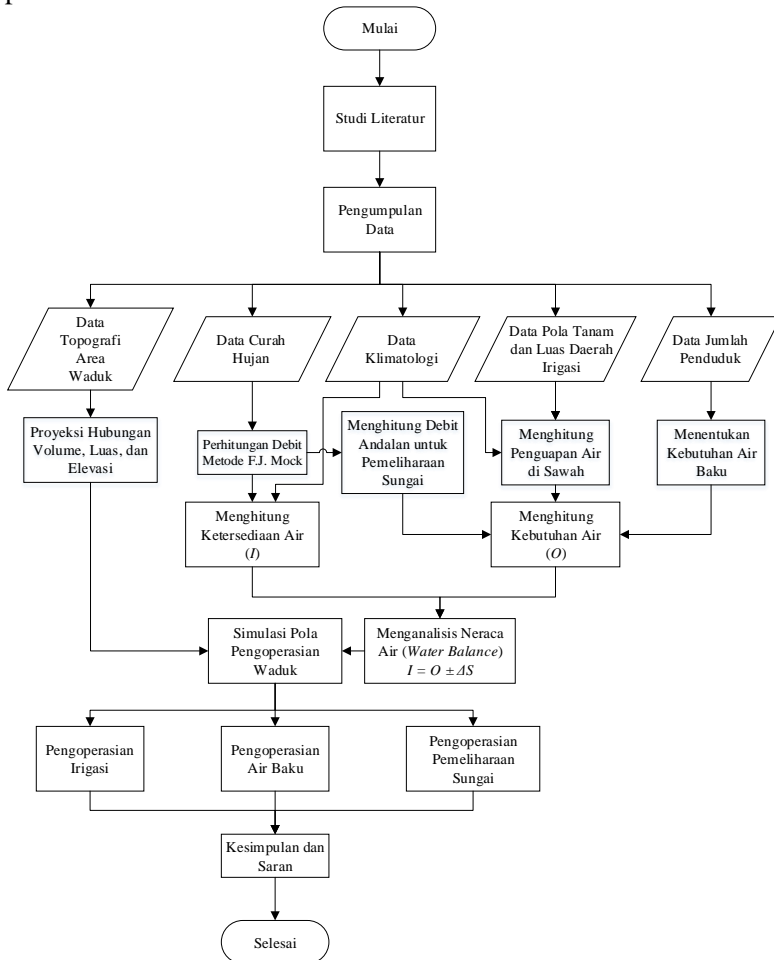
Simulasi ini merupakan langkah terakhir dalam pengerjaan tugas akhir ini. Setelah menganalisis neraca air dan membuat grafik lengkung kapasitas waduk, maka simulasi pengoperasian dapat dilaksanakan. Pada simulasi ini, pembagian air yang diutamakan adalah untuk kebutuhan irigasi, karena tujuan utama dari pembangunan waduk ini adalah untuk mencukupi kebutuhan tersebut. Selain itu pembagian air untuk pemeliharaan sungai tidak boleh kosong, karena akan merusak kondisi fisik dan fungsi sungai di bawah waduk.

### **3.7. Kesimpulan dan Saran**

Pada bagian ini berisi mengenai beberapa kesimpulan untuk penyelesaian masalah yang ada dan beberapa saran dari hasil perencanaan yang didapatkan.

### 3.8. Flowchart Metodologi

Diagram alir untuk pelaksanaan tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



**Gambar 3.1** Flowchart Optimasi Perencanaan Pengoperasian Waduk Bendo Ponorogo  
(Sumber : Penulis, 2019)

## BAB IV ANALISIS KEBUTUHAN DAN KETERSEDIAAN AIR

Analisis kebutuhan dan ketersediaan air ini akan digunakan sebagai acuan untuk merencanakan bagaimana Waduk Bendo dapat beroperasi secara optimal sebagaimana yang diharapkan.

### 4.1. Analisis Klimatologi

Analisis klimatologi mempengaruhi perhitungan baik kebutuhan air maupun ketersediaan air, karena klimatologi mempengaruhi evapotranspirasi yang terjadi di lahan sawah yang diairi irigasi dan juga mempengaruhi evapotranspirasi yang terjadi pada sungai yang akan dihitung sebagai *inflow*.

Perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode Penman, yang mana metode ini melibatkan sebagian besar unsur-unsur klimatologi sehingga hasil yang didapat lebih realistis.

#### 4.1.1 Data klimatologi

Data-data diperoleh dari Stasiun pencatat iklim terdekat yaitu stasiun Lanud Iswahyudi, Madiun. Tabel 4.1 berikut adalah data-data dan contoh perhitungan evapotranspirasi metode Penman pada bulan Januari.

**Tabel 4.1** Contoh Perhitungan Metode Penman  
(Sumber: Penulis, 2019)

No	Parameter	Satuan	Bulan
			Jan
<b>I.</b>	<b>Data</b>		
a.	Suhu Kering, T	(°C)	24.65
b.	Kelembaban Relatip, RH	(%)	90.67
c.	Lama Penyinaran, n/N	(%)	48.75
d.	Suhu Basah, T	(°C)	1.17
e.	Kecepatan angin, U	(km/hari)	85.18

No	Parameter	Satuan	Bulan
			Jan
		(m/detik)	0.99
		(km/jam)	3.55
<b>II.</b>	<b>Perhitungan</b>		
a.	Tekanan uap jenuh, $e_a$	(mbar)	31.04
b.	Tekanan uap nyata, $e_d$	(mbar)	28.05
c.	Perbedaan tekanan uap, $e_a - e_d$	(mbar)	2.99
d.	Fungsi angin, $f(u)$		0.32
e.	Faktor Pembobot (1-W)		0.26
f.	Radiasi ekstra terestrial, $R_a$	(mm/hari)	16.04
g.	Radiasi matahari, $R_s$	(mm/hari)	7.92
h.	Radiasi bersih gelombang pendek, $R_{ns}$	(mm/hari)	5.94
i.	Radiasi bersih gelombang panjang, $R_{nl}$	(mm/hari)	0.93
j.	Radiasi penyinaran matahari bersih, $R_n$	(mm/hari)	5.01
k.	Faktor Pembobot untuk $R_n$ , $W$		0.74
l.	Faktor Koreksi, $c$		0.83
m.	<b>Potensial Evapotranspirasi, <math>E_{To}</math></b>	(mm/hari)	3.30

- a. Temperatur udara rata-rata (T) : 24,65°C
- b. Kelembaban relatif (RH) : 90,67%
- c. Lama penyinaran (n/N) : 48,75%
- d. Kecepatan angin (U) : 3,55 km/jam

#### 4.1.2 Perhitungan evapotranspirasi potensial

- a. Menghitung tekanan uap jenuh ( $e_a$ )  
 $e_a$  didapatkan dari Tabel 2.8 dengan memasukkan nilai suhu di bulan tersebut yang diinterpolasi

$$T = 24,65^{\circ}\text{C}$$

$$ea = 29,8 + \frac{(31,7-29,8) \times (24,65-24)}{25-24} = 31,04 \text{ mbar}$$

- b. Mencari tekanan uap nyata (ed)  
ed didapatkan dari Tabel 2.9 dengan memasukkan nilai suhu kering dan basah yang diinterpolasi,

$$\text{Suhu kering} = 24,65^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu basah} = 1,17^{\circ}\text{C}$$

Interpolasi 1

$$ed = 24,8 + \frac{(1,17-2) \times (29,8-24,8)}{0-2} = 26,89 \text{ mbar}$$

Interpolasi 2

$$ed = 28,2 + \frac{(1,17-2) \times (33,6-28,2)}{0-2} = 30,45 \text{ mbar}$$

Interpolasi 3

$$ed = 26,89 + \frac{(24,65-24) \times (30,45-26,89)}{26-24} = 28,05 \text{ mbar}$$

- c. Perbedaan tekanan uap (ea-ed)  
 $ea - ed = 31,04 - 28,05 = 2,99 \text{ mbar}$

- d. Mencari fungsi angin f(u)

Fungsi f(u) dapat dicari dengan melihat tabel atau menggunakan rumus berikut:  $f(u) = 0,27 \times \frac{1}{u/100}$

$$U = 85,18 \text{ km/hari}$$

$$f(u) = 0,27 \times \frac{1}{85,18/100} = 0,32 \text{ km/hari}$$

- e. Faktor pembobot (1-W)

$$\text{Diketahui } T = 24,65^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Maka } (1-W) = 0,26 \text{ (Tabel 2.5)}$$

- f. Mencari radiasi ekstra teresial (Ra)

Nilai Ra diperoleh dari tabel 2.7 dengan interpolasi

$$\text{Bulan} = \text{Januari}$$

$$\text{Lokasi} = 7^{\circ} 36'' \text{ LS}$$

$$\text{Maka } Ra = 16,04$$

- g. Mencari radiasi gelombang pendek (Rs)

$$Rs = (a + b \times (n/N) \times Ra) ; a = 0,25 , b = 0,50 \text{ (daerah tropis)}$$

$$= (0,25 + 0,50 \times 48,75 \times 16,04) = 7,92 \text{ mm/hari}$$

- h. Mencari radiasi netto gelombang pendek (Rns)

$$Rns = Rs (1 - \alpha) ; \alpha = 0.75 \text{ (permukaan air)}$$

$$Rns = 7,92 (1 - 0.75) = 5,94 \text{ mm/hari}$$

i. Mencari radiasi netto gelombang panjang ( $Rnl$ )

- Mencari fungsi suhu,  $f(T)$

Diketahui  $T = 24,65 \text{ }^\circ\text{C}$

maka  $f(T) = 15,6$  (tabel 2.12)

- Mencari fungsi tekanan uap nyata,  $f(ea)$

Diketahui  $ea = 31,04 \text{ mbar}$

maka  $f(ea) = 0,11$  (tabel 2.11)

- Mencari fungsi penyinaran,  $f(n/N)$

Diketahui  $(n/N) = 48,75\%$

maka  $f(n/N) = 0,54$  (tabel 2.10)

$$Rnl = f(T) \times f(ea) \times f(n/N)$$

$$= 15,6 \times 0,11 \times 0,54 = 0,93 \text{ mm/hari}$$

j. Mencari radiasi netto ( $Rn$ )

$$Rn = Rns - Rnl = 5,94 - 0,93 = 5,01 \text{ mm/hari}$$

k. Mencari faktor pembobot untuk  $Rn$  ( $W$ )

$$W = 1 - (1 - W) = 1 - 0,26 = 0,74$$

l. Mencari harga faktor koreksi ( $c$ )

$$C = 0,83 \text{ (tabel 2.3)}$$

m. Mencari Evapotranspirasi Potensial ( $Eto$ )

$$Eto = c \{ W \cdot Rn + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed) \}$$

$$Eto = 0,83 (0,74 \times 5,01 + 0,26 \times 0,32 \times 2,99)$$

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

$$Eto = 3,3 \times (31 \text{ hari dalam Januari}) = 102,3 \text{ mm/bulan}$$

Tabel 4.2 berikut ialah rekap perhitungan evapotranspirasi potensial dari bulan Januari sampai Desember. Lalu untuk perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran A 1.

**Tabel 4.2** Rekap perhitungan Evapotranspirasi Potensial  
(Sumber: Penulis, 2019)

Bulan	Eto (mm/hari)
Januari	3.30
Februari	3.35
Maret	3.37
April	3.35
Mei	3.06
Juni	2.87
Juli	2.91
Agustus	3.00
September	3.27
Oktober	3.59
Nopember	3.50
Desember	3.46

#### 4.2. Analisis Ketersediaan Air

Perhitungan debit aliran menggunakan metode **F.J. Mock**, yang mana prinsip dari metode ini didasarkan pada kondisi air di permukaan tanah dan kondisi air di dalam tanah. Kondisi air di permukaan tanah dipengaruhi oleh hujan dan penguapan, sedangkan kondisi air di dalam tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah daerah setempat.

Data hujan diplot dari data **TRMM** (*Tropical Rainfall Measuring Mission*). TRMM adalah data presipitasi (hujan) yang didapat dari satelit meteorologi bernama TRMM. TRMM dikembangkan oleh NASA (National Aeronautics and Space Administration) dan JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), (Syaifullah, 2014).



Data tersebut dapat diakses bebas melalui situs web *giovanni.gsfc.nasa.gov*. Cara memperoleh datanya adalah dengan memasukkan area dan range data yang diinginkan. Pada kasus Tugas Akhir ini, area yang ditinjau adalah Kabupaten Ponorogo dan range data yang digunakan adalah dari tahun 1998 sampai tahun 2018. Tampilan situsnya seperti Gambar 4.1.

The screenshot shows the GIOVANNI web interface with the following elements highlighted by red boxes and numbers:

- 1:** The search mode dropdown menu, where 'Time Series, Area-Averaged' is selected.
- 2:** The 'Select Date Range (UTC)' field, showing a range from 1997-12 to 2018-12.
- 3:** The 'Select Region (Bounding Box or shape)' field, showing coordinates 111.4563, -7.9708, 111.5991, -7.8937.
- 4:** The 'Select Variables' sidebar, where 'Precipitation (11)' is selected.
- 5:** The search results table, showing a list of variables with columns for Variable, Units, Source, Temp Res, Spat Res, Begin Date, End Date, and Vert Size.
- 6:** The search results table, showing a list of variables with columns for Variable, Units, Source, Temp Res, Spat Res, Begin Date, End Date, and Vert Size.
- 7:** The 'Plot Data' button at the bottom right of the interface.

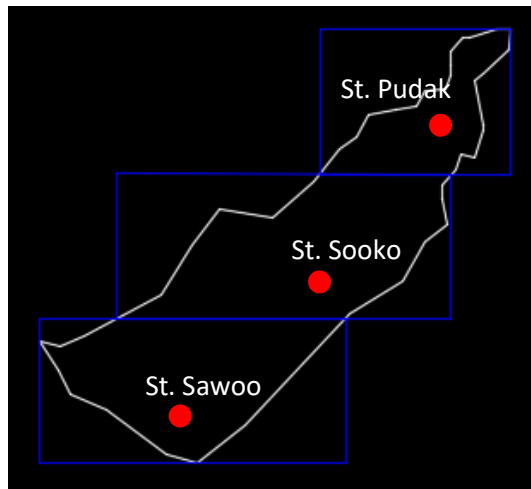
**Gambar 4.1** Tampilan Pencarian Data Metode TRMM

Pada Gambar 4.1 di atas menunjukkan langkah-langkah dalam memperoleh data TRMM.

1. Langkah awal adalah menentukan *Time Series*, dalam hal ini dipilih *Area Average* agar data hujan yang dipilih areanya sudah berupa rata-rata.
2. Memilih rentang waktu sesuai yang dibutuhkan, dalam hal ini dipilih waktu mulai Januari 1998 sampai Desember 2018.
3. Menentukan area yang akan ditinjau, dapat dengan menandai suatu area atau memasukkan koordinatnya.
4. Memilih variabel. Data yang dibutuhkan adalah data hujan, maka dipilih *precipitation*.
5. Menentukan *keyword*. Ditulis TRMM.

6. Memilih data TRMM berupa intensitas hujan tiap bulan dicari yang menggunakan satuan mm/month.
7. Langkah terakhir adalah mengeklik Plot lalu mendapatkan data dalam bentuk excel.

Selanjutnya mengulang langkah-langkah tersebut untuk memperoleh 3 data sesuai luasan. Karena luas daerah yang dapat diplot pada web tersebut hanya dalam bentuk persegi, maka pada langkah ke-3 perlu penyesuaian agar hasilnya lebih akurat. Disusunlah 3 bagian seperti Gambar 4.2 berikut sesuai titik letak curah hujan pada daerah setempat.



**Gambar 4.2** Daerah Plot Sesuai Stasiun Hujan  
(Sumber : Penulis, 2019)

Setelah diplot semuanya, maka didapatkan data dalam bentuk excel selanjutnya dikelompokkan lalu data hujan yang telah dikelompokkan dirata-rata seperti perhitungan metode *thiessen*, perhitungan dapat dilihat pada Lampiran B1 dan Lampiran B2. Hasil rekapitulasinya dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4.3** Rekapitulasi Hasil Plot Data *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) (Sumber : Giovanni, 2019)

Data Hujan Tahun 1998 - 2018 dalam mm/bulan												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1998	190.8	424.0	408.2	336.0	49.8	173.1	175.6	23.9	48.9	228.8	273.2	375.5
1999	274.4	269.4	369.8	254.3	28.5	33.1	55.0	19.0	22.5	156.7	330.4	254.2
2000	440.9	461.3	358.1	318.0	203.5	52.4	38.5	26.3	32.7	214.1	310.6	292.7
2001	288.0	273.9	473.0	319.6	158.5	145.2	92.3	11.3	76.6	200.1	239.6	205.0
2002	334.9	335.3	376.4	170.7	118.8	15.2	30.3	15.5	2.3	49.4	247.2	280.0
2003	373.3	370.7	331.2	175.9	77.8	20.8	41.3	13.4	30.2	177.6	295.0	334.4
2004	317.6	302.5	393.8	96.3	75.2	52.1	123.2	11.6	22.6	29.3	413.9	318.0
2005	258.4	301.4	365.4	214.9	103.0	198.1	94.6	37.0	81.5	138.8	199.5	355.2
2006	465.8	274.8	361.1	307.2	251.3	19.5	24.3	15.5	16.7	44.8	130.9	313.0
2007	204.0	363.1	348.4	258.3	136.2	73.5	24.1	23.9	20.1	153.3	294.8	442.7
2008	219.9	428.2	462.5	154.8	78.7	29.3	27.1	35.5	38.9	223.7	374.1	315.4
2009	387.8	452.8	263.1	294.1	249.9	65.2	38.9	14.7	34.9	94.4	253.8	278.6
2010	382.4	355.1	492.7	325.3	344.1	147.0	116.3	96.9	219.7	281.1	234.3	393.6
2011	266.3	234.8	400.3	359.2	211.1	27.2	52.4	11.6	40.7	76.3	371.4	345.2
2012	416.2	302.5	321.2	192.7	116.6	34.4	17.1	12.1	20.0	130.2	280.8	344.3
2013	512.3	383.8	379.2	298.6	235.4	243.3	121.1	36.3	32.4	73.2	220.5	350.0
2014	439.6	287.8	379.9	230.4	119.8	113.9	82.9	18.9	15.7	32.2	251.2	358.4
2015	333.9	354.2	433.7	279.4	131.1	18.4	15.8	15.5	6.2	35.6	236.9	262.9
2016	231.0	424.6	292.1	282.5	263.3	138.3	133.6	105.0	290.4	281.5	293.2	240.3
2017	302.7	331.3	298.8	278.8	125.5	75.8	43.0	10.6	79.5	182.1	405.4	229.7
2018	346.0	455.1	263.3	154.5	29.0	36.5	13.5	23.4	12.7	71.6	301.9	261.0

#### 4.2.1 Analisis debit metode F.J. Mock

Selanjutnya data hujan yang telah didapat digunakan untuk menghitung debit dengan metode F.J. Mock. Tabel 4.4 berikut adalah contoh perhitungan debit sungai dengan metode F.J. Mock bulan Januari tahun 2000.

**Tabel 4.4** Contoh Perhitungan Debit Metode F.J Mock  
(Sumber: Penulis, 2019)

No.		Rumus	Satuan	Januari
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>				
a.	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	440.9
b.	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13
<b>Perhitungan</b>				
a.	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30
b.	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3
c.	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67
d.	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63
e.	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	346.3
f.	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0
g.	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0
h.	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0
i.	<i>Water Surplus (WS)</i>	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	346.3
j.	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4
k.	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	138.5
l.	$0.5 \times (I+k) \times I$			123.9
	$k \times V(n-1)$			83.6

No.		Rumus	Satuan	Januari
l.	Volume Penyimpanan ( $V_n$ )	(14) + (15)	mm/bulan	207.5
m.	Perubahan Volume ( $\Delta V_n$ )	$V_n - V_{(n-1)}$	mm/bulan	101.5
n.	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	(13) - (17)	mm/bulan	37.0
o.	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	(11) - (13)	mm/bulan	207.8
p.	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	(18) + (19)	mm/bulan	244.7
q.	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	10.397

Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari Tabel 4.4 tentang perhitungan debit metode F.J. Mock.

- a. Evapotranspirasi Potensial  
 $E_t$  (mm/hari) x jumlah hari dalam Januari  
 $E_t = 3,3 \times 31 = 102,3$  mm/bulan
- b. Menentukan lahan yang terbuka  
Diasumsikan prosentase lahan terbuka sebesar 30%  
 $m = 30\% = 0,3$
- c. Menghitung evaporasi terbatas ( $E_t$ )  
 $E_t = \frac{m}{20} \times (18 - n) \times E_{to}$   
Dimana :  
M = prosentase lahan terbuka  
n = jumlah hari hujan dalam sebulan  
 $E_t = \frac{0,3}{20} \times (18 - 13) \times 102,3$   
 $= 7,67$  mm/bulan
- d. Menghitung evaporasi aktual ( $E_a$ )  
 $E_a = E_{to} - E_t$   
 $= 102,3 - 7,67 = 94,63$  mm/bulan
- e. Menghitung selisih hujan dan penguapan ( $\Delta S$ )  
 $\Delta S = R - E_a$   
 $= 440,9 - 94,63 = 346,3$  mm/bulan
- f. Menentukan kelembaban tanah (SMC)  
Diasumsikan tipe tanaman berakar sedang dengan jenis tanah pasir halus dan loam, maka  $SMC = 150$  mm/bulan

Besarnya nilai SMC dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut,  
**Tabel 4.5** Nilai *Soil Moisture Contain* (Sumber: Sudirman, 2002)

Tipe Tanaman	Tipe Tanah	Zone Akar (dalam m)	Soil Moisture Capacity (dalam mm)
Tanaman Berakar Pendek	Pasir Halus	0,50	50
	Pasir Halus dan Loam	0,50	75
	Lanau dan Loam	0,62	125
	Lempung dan Loam	0,40	100
	Lempung	0,25	75
Tanaman Berakar Sedang	Pasir Halus	0,75	75
	Pasir Halus dan Loam	1,00	150
	Lanau dan Loam	1,00	200
	Lempung dan Loam	0,80	200
	Lempung	0,50	150
Tanaman Berakar Dalam	Pasir Halus	1,00	100
	Pasir Halus dan Loam	1,00	150
	Lanau dan Loam	1,25	250
	Lempung dan Loam	1,00	250
	Lempung	0,67	200
Tanaman Palm	Pasir Halus	1,50	150
	Pasir Halus dan Loam	1,67	250
	Lanau dan Loam	1,50	300
	Lempung dan Loam	1,00	250
	Lempung	0,67	200
Mendekati Hutan Alam	Pasir Halus	2,50	250
	Pasir Halus dan Loam	2,00	300
	Lanau dan Loam	2,00	400
	Lempung dan Loam	1,60	400
	Lempung	1,17	350

- g. Menentukan kelembaban tanah sebelumnya (IMS)  
 Kelembaban tanah sebelumnya adalah SMC bulan sebelumnya, dalam hal ini kelembaban tanah Desember tahun 1999 sama, yakni sebesar 346,3 mm/bulan
- h. Menghitung perubahan kelembaban tanah ( $\Delta SM$ )  

$$\Delta SM = IMS - SMC$$

$$= 346,3 - 346,3 = 0 \text{ mm/bulan}$$
- i. Menghitung *water surplus* (WS)  

$$WS = \Delta S - \Delta SM$$

$$= 346,3 - 0 = 346,3 \text{ mm/bulan}$$

- j. Menentukan koefisien infiltrasi ( $i$ )  
Diasumsikan infiltrasi yang terjadi sebesar 0,4
- k. Menghitung infiltrasi yang terjadi ( $I$ )  

$$I = WS \times i$$

$$= 346,3 \times 0,4 = 138,5 \text{ mm/bulan}$$
- l. Menghitung volume penyimpanan air ( $V_n$ )  

$$V_n = 0,5 \times (I + k) \times I + k \times V_{(n-1)}$$
 Dimana:  
 $k$  : koefisien resesi (0,789)  
 $V_{(n-1)}$  : volume penyimpanan air sebelumnya (105,9)  

$$V_n = 0,5 \times (138,5 + 0,789) \times 138,5 + 0,789 \times 105,9$$

$$= 207,5 \text{ mm/bulan}$$
- m. Menghitung perubahan volume ( $\Delta V_n$ )  

$$\Delta V_n = V_n - V_{(n-1)}$$

$$= 207,5 - 105,9 = 101,5 \text{ mm/bulan}$$
- n. Menghitung aliran dasar (BF)  

$$BF = I - \Delta V_n$$

$$= 138,5 - 101,5 = 37 \text{ mm/bulan}$$
- o. Menghitung aliran langsung (DRO)  

$$DRO = WS - I$$

$$= 346,3 - 138,5 = 207,8 \text{ mm/bulan}$$
- p. Menghitung aliran aktual (RO)  

$$RO = BF + DRO$$

$$= 37 + 207,8 = 244,7 \text{ mm/bulan}$$
- q. Menghitung debit aliran sungai ( $Q$ )  

$$Q = RO \times A$$

$$= 244,7 \text{ mm/bulan} \times 113,8 \text{ km}^2 = 10,397 \text{ m}^3/\text{dt}$$
 Hasil rekapitulasi perhitungan untuk setiap tahun dapat dilihat pada Lampiran C 22.

#### 4.2.2 Debit andalan

Setelah didapatkan volume air yang melimpas setiap bulannya, langkah selanjutnya adalah menentukan debit andalan sungai. Direncanakan debit andalan  $Q_{80}$  atau tingkat keandalan waduknya sebesar 80%, yaitu dengan cara membuat *duration*

*curve*. Berikut ini merupakan contoh pembuatan *duration curve* pada bulan Januari :

1. Mengurutkan data

Langkah awal dalam pembuatan *duration curve* adalah dengan mengurutkan data dari tahun 1998 sampai tahun 2018, seperti pada Gambar 4.6 di bawah ini.

**Tabel 4.6** Debit Tahun 1998 - 2018 yang Telah Diurutkan  
(Sumber: Penulis, 2019)

Debit (m <sup>3</sup> /dt)
3.808
4.418
4.515
4.925
5.664
6.036
6.151
6.352
6.628
7.253
7.255
7.647
7.839
8.472
8.750
9.234
10.026
10.396
10.489
11.225
12.556



## 2. Menghitung prosentase probabilitas

Berikut adalah contoh perhitungan prosentase pada baris 2 di Tabel 4.5:

## a. Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah data yang muncul pada debit tertentu, misal pada baris nomor 2 tersebut debit sebesar 4,418 m<sup>3</sup>/dt muncul sebanyak 1 kali.

## b. Frekuensi kumulatif

Frekuensi kumulatif adalah banyaknya data yang bernilai lebih atau sama dengan debit tertentu, misal pada baris nomor 2 terdapat 20 data yang nilainya lebih atau sama dengan 4,418 m<sup>3</sup>/dt.

## c. Prosentase probabilitas

Prosentase probabilitas adalah prosentase frekuensi kumulatif dari jumlah data yang ada.

$$\% \text{ probabilitas} = \frac{20}{21} \times 100\% = 95,24\%$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari ditunjukkan oleh Tabel 4.7 berikut,

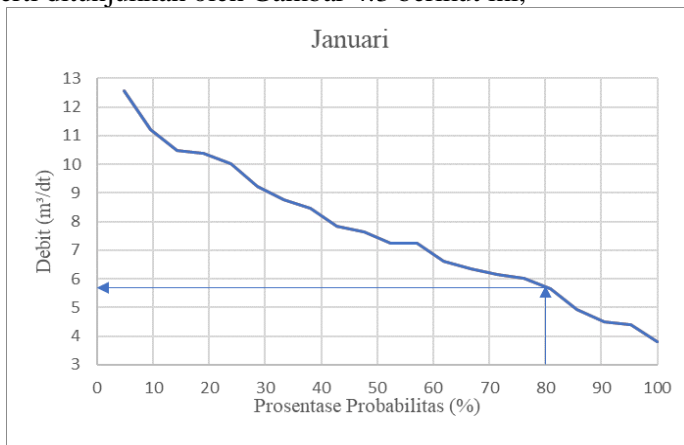
**Tabel 4.7** Perhitungan Prosentase Probabilitas Bulan Januari  
(Sumber: Penulis, 2019)

No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	3.808	1	21	100.00
2	4.418	1	20	95.24
3	4.515	1	19	90.48
4	4.925	1	18	85.71
5	5.664	1	17	80.95
6	6.036	1	16	76.19
7	6.151	1	15	71.43
8	6.352	1	14	66.67
9	6.628	1	13	61.90
10	7.253	1	12	57.14

No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
11	7.255	1	11	52.38
12	7.647	1	10	47.62
13	7.839	1	9	42.86
14	8.472	1	8	38.10
15	8.750	1	7	33.33
16	9.234	1	6	28.57
17	10.026	1	5	23.81
18	10.396	1	4	19.05
19	10.489	1	3	14.29
20	11.225	1	2	9.52
21	12.556	1	1	4.76

### 3. Membuat duration curve

Setelah membuat tabel tersebut, *duration curve* dapat dibuat seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.3 berikut ini,



**Gambar 4.3** Duration Curve Bulan Januari  
(Sumber: Penulis, 2019)

Gambar tersebut menunjukkan bahwa debit andalan ( $Q_{80}$ ) sebesar  $5,74 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Rekapitulasi debit andalan  $Q_{80}$  pada Januari sampai Desember dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut,

**Tabel 4.8** Debit Andalan 80% (Sumber : Penulis, 2019)

Bulan	$Q_{80} \text{ (m}^3/\text{dt)}$
Januari	5.74
Februari	10.38
Maret	10.08
April	6.88
Mei	2.77
Juni	1.27
Juli	0.52
Agustus	0.21
September	0.09
Oktober	2.50
Nopember	5.61
Desember	7.11

### 4.3. Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air pada perencanaan ini terdiri dari kebutuhan irigasi, kebutuhan air baku, dan kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai. Kebutuhan irigasi dihitung berdasarkan luas sawah yang diairi dan iklim setempat, kebutuhan air baku berdasarkan kepadatan penduduk dan infrastruktur yang ada, sedangkan kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai didasarkan pada angka debit andalan.

#### 4.3.1 Kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air di sawah tidak sama jumlahnya dengan kebutuhan air di intake, karena adanya kehilangan air pada proses pendistribusian melalui saluran penghantar primer, sekunder, dan tersier. Oleh sebab itu direncanakan kebutuhan air di intake untuk simulasi pengoperasian waduk ini.

Perhitungan kebutuhan air di intake pada sampel bulan Januari awal sesuai pada Tabel 4.9 berikut.

**Tabel 4.9** Contoh Perhitungan Kebutuhan Air di *Intake*  
(Sumber : Penulis, 2019)

NO	URAIAN	SATUAN	BULAN		
			JANUARI		
			I	II	III
<b>1</b>	<b>Data</b>				
a.	Lama Penyinaran, n/N		48.75	48.75	48.75
b.	Evapotranspirasi (ETo)	mm/hr	3.30	3.30	3.30
<b>2</b>	<b>Perhitungan</b>				
a.	Evaporasi bebas (Eo)	mm/hr	3.63	3.63	3.63
b.	Perkolasi (P)	mm/hr	2.00	2.00	2.00
c.	Curah hujan efektif padi (Re Pad)	mm/hr	0.6	0.6	0.6
d.	Curah hujan efektif palawija (Re Pal)	mm/hr	0.00	0.00	0.00
e.	Pengganti lap.air rerata (WLR)	mm/hr	1.10	1.10	2.20
f.	c1 (Padi)		1.10	1.05	1.05
	c2 (Padi)		1.10	1.10	1.05
	c3 (Padi)		1.10	1.10	1.10

NO	URAIAN	SATUAN	BULAN		
			JANUARI		
g.	Koefisien rerata padi		1.10	1.08	1.07
h.	c Jagung (1)				
	c Jagung (2)				
	c Jagung (3)				
i.	Koefisien rerata palawija				
j.	Efisiensi Irigasi (EI)	%	0.73	0.73	0.73
k.	Kebutuhan air konsumtif Padi (ETc1)	mm/hr	3.63	3.58	3.52
l.	Kebutuhan air konsumtif Jagung (ETc2)	mm/hr	0.00	0.00	0.00
m.	NFR Padi	mm/hr	6.13	6.07	7.12
n.	NFR Jagung	mm/hr	0.00	0.00	0.00
o.	Keb.air di intake utk padi	lt/dt.ha	0.98	0.97	1.13
p.	Keb.air di intake utk Jagung	lt/dt.ha	0.00	0.00	0.00
q.	Keb. total air di intake (DR)	lt/dt.ha	0.98	0.97	1.13
r.	Keb. total air di intake rerata (DR)	lt/dt.ha		1.02	
s.	<b>Keb. total air di intake rerata (DR)</b>	<b>m<sup>3</sup>/dt</b>		7.99	

Berikut ini adalah penjelasan contoh perhitungan Tabel 4.9 tentang kebutuhan air di *intake*

- a. Penghitung evaporasi bebas (Eo)

$$\begin{aligned} E_o &= 1,1 \times E_{to} \\ &= 1,1 \times 3,3 = 3,63 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

- b. Menentukan perkolasi (P)

Pada tabel 2.18 didapatkan P = 2 mm/hari

- c. Menghitung Re untuk padi

$$\begin{aligned} Re_{\text{padi}} &= \frac{0,7 \times 0,8 \times \text{rata-rata hujan/tahun}}{\text{jumlah pengamatan}} \\ &= \frac{0,7 \times 0,8 \times 10,73}{10} = 0,6 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

- d. Menghitung Re untuk palawija (Nopember)

$$\begin{aligned} Re_{\text{pal}} &= fd \times (1,25 \times R_{50}^{0,824} - 2,93) \times 10^{0,00095 \times E_{to}} \\ &= 0,68 \times (1,25 \times 0,5 \times 9,46^{0,824} - 2,93) \times 10^{0,00095 \times 3,5} \\ &= 1,07 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

- e. Menentukan pengganti lapisan air (WLR)

WLR diberikan sebesar 3,3 mm/hari selama ½ bulan selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

- f. Menentukan koefisien tanaman padi (c)

Koefisien tanaman ditentukan berdasarkan jenis, varietas, dan juga periode tanam padi, pada kasus ini menggunakan tanaman padi varietas biasa menurut FAO,

$$C_1 = 1,1 ; C_2 = 1,1 ; C_3 = 1,1$$

- g. Menghitung koefisien rerata padi

Koefisien rerata padi ialah rata-rata dari c1, c2, dan c3

$$C = \frac{1,1+1,1+1,1}{3} = 1,1$$

- h. Menentukan koefisien tanaman palawija

Koefisien tanaman ditentukan berdasarkan jenis, varietas, dan juga periode tanam palawija, pada kasus ini menggunakan tanaman jagung varietas biasa menurut FAO,

$$C_1 = 0 ; C_2 = 0 ; C_3 = 0$$

- i. menghitung koefisien rerata palawija

Koefisien rerata padi ialah rata-rata dari c1, c2, dan c3

$$C = \frac{0+0+0}{3} = 0$$

## j. Menghitung efisiensi irigasi

Diasumsikan

$$\text{EI Primer} = 0,925$$

$$\text{EI Sekunder} = 0,925$$

$$\text{EI Tersier} = 0,85$$

$$\text{Maka EI total} = 0,925 \times 0,925 \times 0,85 = 0,73$$

## k. Menghitung kebutuhan air konsumtif padi (Etc 1)

$$\text{Etc 1} = \text{Eto} \times c_{\text{padi}}$$

$$= 3,3 \times 1,1 = 3,63 \text{ mm/hari}$$

## l. Menghitung kebutuhan air konsumtif padi (Etc 1)

$$\text{Etc 2} = \text{Eto} \times c_{\text{palawija}}$$

$$= 3,3 \times 0 = 0 \text{ mm/hari}$$

m. Menghitung kebutuhan air bersih padi ( $\text{NFR}_{\text{padi}}$ )

$$\text{NFR}_{\text{padi}} = \text{Etc} + \text{P} + \text{WLR} - \text{Re}_{\text{padi}}$$

$$= 3,63 + 2 + 1,1 - 0,6 = 6,13 \text{ mm/hari}$$

n. Menghitung kebutuhan air bersih palawija ( $\text{NFR}_{\text{pal}}$ )

$$\text{NFR}_{\text{pal}} = \text{Etc} + \text{P} - \text{Re}_{\text{pal}}$$

$$= 0 \text{ (karena pada januari hanya ditanami padi)}$$

o. Menghitung kebutuhan air diintake padi ( $\text{DR}_{\text{padi}}$ )

$$\text{DR}_{\text{padi}} = \text{NFR} / (8,64 \times \text{EI})$$

$$= 6,13 / (8,64 \times 0,73) = 0,98 \text{ lt/dt/ha}$$

p. Menghitung kebutuhan air diintake palawija ( $\text{DR}_{\text{pal}}$ )

$$\text{DR}_{\text{pal}} = \text{NFR} / (8,64 \times \text{EI})$$

$$= 0 / (8,64 \times 0,65) = 0 \text{ lt/dt/ha}$$

## q. Menghitung kebutuhan total air diintake (DR)

$$\text{DR} = \text{DR}_{\text{padi}} + \text{DR}_{\text{palawija}} = 0,98 + 0 = 0,98 \text{ lt/dt/ha}$$

## r. Menghitung kebutuhan total air diintake rerata (DR)

Dari perhitungan tiap 10 hari dijadikan perbulan karena pengoperasian air dilakukan perbulan

$$\text{DR} = \frac{0,98 + 0,97 + 1,13}{3} = 1,02 \text{ lt/dt/ha}$$

## s. Menghitung kebutuhan total air diintake rerata (DR)

Mengubah satuan dari lt/dt/ha menjadi  $\text{m}^3/\text{dt}$

$$\text{DR} = 1,02 \text{ lt/dt/ha} \times 7800 \text{ ha} / 1000 \text{ lt}$$

$$= 1,02 \times 7800 / 1000 = 7,99 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran E1 dan hasil rekapitulasi dari perhitungan di atas dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

**Tabel 4.10** Rekapitulasi Kebutuhan Air untuk Irigasi  
(Sumber: Penulis, 2019)

<b>Bulan</b>	<b>Debit (m<sup>3</sup>/dt)</b>
Januari	7.995
Februari	6.806
Maret	3.199
April	4.949
Mei	8.090
Juni	6.824
Juli	5.101
Agustus	6.401
September	7.495
Oktober	7.062
Nopember	3.415
Desember	6.824

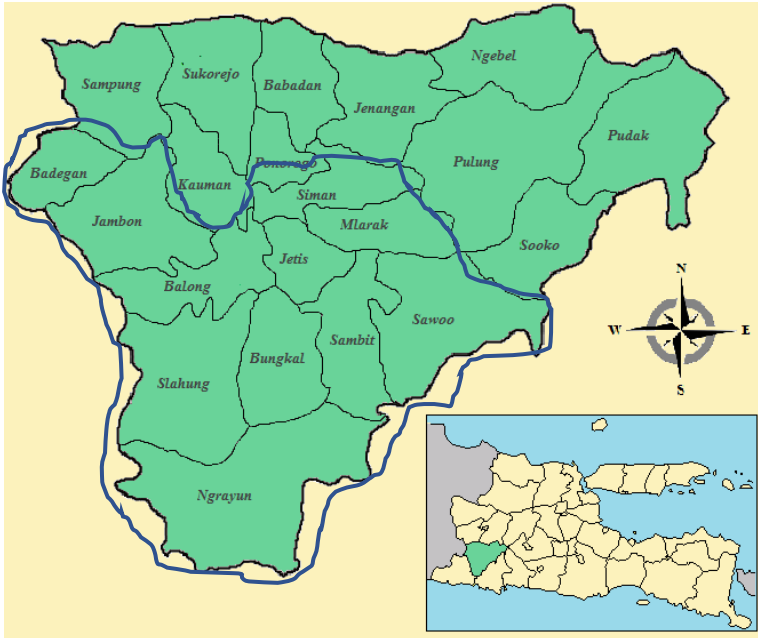
#### **4.3.2 Kebutuhan air baku**

kebutuhan air baku merupakan kebutuhan yang diperuntukkan untuk manusia, baik untuk keluarga (domestik) maupun untuk keperluan fasilitas umum (non-domestik) seperti sekolah, perkantoran, rumah sakit, dan lain-lain.

##### **a. Air baku domestik**

Perhitungan kebutuhan air domestik atau rumah tangga ini didapat dari jumlah penduduk yang ada pada daerah yang memungkinkan untuk diairi berdasarkan elevasi waduk. Menurut kontur yang ada, daerah yang memungkinkan untuk diairi disebabkan oleh elevasi muka air waduk ditunjukkan oleh garis berwarna merah pada Gambar 4.4 berikut ini.





**Gambar 4.4** Kecamatan yang Memungkinkan untuk Diairi  
(Sumber : Anashir, 2011)

Data jumlah penduduk diperoleh dari sensus penduduk tahun 2000 dan 2010 yang telah dipilih dari kecamatan-kecamatan yang memungkinkan untuk diairi, data-datanya disajikan pada Tabel 4.11 berikut,

**Tabel 4.11** Jumlah Penduduk Berdasarkan Sensus  
(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2019)

No.	Daerah yang Dapat Diairi	Jumlah Penduduk (Jiwa)	
		2000	2010
1	Kecamatan Balong	41863	41565
2	Kecamatan Jambon	38907	38929
3	Kecamatan Jetis	29385	29049

No.	Daerah yang Dapat Diairi	Jumlah Penduduk (Jiwa)	
		2000	2010
4	Kecamatan Mlarak	35173	36138
5	Kecamatan Sawoo	56365	54696
6	Kecamatan Sambit	35694	35566
7	Kecamatan Slahung	49457	49267
Total		286844	285210

Data tersebut selanjutnya diproyeksikan untuk tahun 2020 dengan menggunakan rumus geometri berikut,

$$P_m = P_0 + m \frac{(P_n - P_0)}{n}$$

Dimana :

$P_n$  = jumlah penduduk pada tahun n (tahun 2020)

$P_0$  = jumlah penduduk tahun ke 0 (tahun 2010)

$P_m$  = jumlah penduduk pada tahun yang diestimasikan (tahun m)

$m$  = selisih tahun yang dicari dengan tahun awal

$n$  = selisih tahun dari 2 sensus yang diketahui

$$P_m = 285210 \frac{285210 - 286844}{10} \times 20$$

$$P_m = 283576 \text{ jiwa}$$

Berdasarkan Tabel 2.19 maka kebutuhan airnya sebesar 90 liter/orang setiap hari.

b. Air baku non-domestik

- Sekolah

Tabel 4.12 berikut merupakan data jumlah sekolah Kabupaten Ponorogo berdasarkan Kemendikbud.

**Tabel 4.12** Data Jumlah Sekolah Kabupaten Ponorogo (Sumber: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan)

No.	KECAMATAN	SD			SMP			SMA			SMK			TOTAL
		Sederajat			Sederajat			Sederajat						
		N	S	JML	N	S	JML	N	S	JML	N	S	JML	
	<b>TOTAL</b>	577	119	696	62	119	181	18	75	93	8	38	46	1,016
1	Kec. Ngrayun	49	3	52	7	10	17	1	4	5	1	2	3	77
2	Kec. Slahung	38	5	43	3	9	12	1	6	7	1	1	2	64
3	Kec. Bungkal	27	5	32	2	5	7	1	3	4	0	1	1	44
4	Kec. Sambit	23	7	30	3	3	6	1	2	3	0	1	1	40
5	Kec. Sawoo	40	2	42	5	6	11	0	4	4	1	0	1	58
6	Kec. Sooko	21	0	21	2	1	3	1	0	1	0	0	0	25
7	Kec. Pulung	37	8	45	3	4	7	1	1	2	0	1	1	55
8	Kec. Mlarak	24	6	30	1	9	10	0	5	5	1	2	3	48
9	Kec. Siman	21	11	32	1	5	6	1	4	5	0	0	0	43
10	Kec. Jetis	21	3	24	3	6	9	1	5	6	0	2	2	41
11	Kec. Balong	27	4	31	2	6	8	1	4	5	0	2	2	46
12	Kec. Kauman	24	2	26	2	5	7	1	3	4	0	3	3	40
13	Kec. Jambon	23	8	31	4	3	7	1	3	4	0	1	1	43
14	Kec. Badegan	20	7	27	2	3	5	0	1	1	1	0	1	34
15	Kec. Sampung	33	3	36	4	3	7	1	2	3	0	1	1	47
16	Kec. Sukorejo	36	5	41	2	5	7	0	2	2	0	1	1	51
17	Kec. Ponorogo	27	14	41	6	16	22	3	13	16	2	11	13	92
18	Kec. Babadan	27	14	41	4	8	12	2	6	8	0	7	7	68
19	Kec. Jenangan	33	12	45	2	11	13	1	6	7	1	2	3	68
20	Kec. Ngebel	18	0	18	3	1	4	0	1	1	0	0	0	23
21	Kec. Pudak	8	0	8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	9

Berdasarkan data tersebut dapat diperoleh pada 9 kecamatan yang diairi sejumlah 461 sekolah, serta dapat diasumsikan perbandingan tingkat pendidikan SD : SMP : SMA adalah 78% : 15% : 7%. Maka jumlah sekolah setiap tingkat pendidikan adalah,

$$\text{SD} = 78\% \times 340 = 266 \text{ sekolah}$$

$$\text{SMP} = 15\% \times 340 = 51 \text{ sekolah}$$

$$\text{SMA} = 7\% \times 340 = 24 \text{ sekolah}$$

Diasumsikan jumlah individu di SD sebesar 130 jiwa, SMP sebesar 200 jiwa, dan SMA sebesar 380 jiwa, maka jumlah dapat dihitung,

$$\begin{aligned} \text{SD} &= 266 \times 130 = 34580 \text{ jiwa} \\ \text{SMP} &= 51 \times 200 = 10200 \text{ jiwa} \\ \text{SMA} &= 24 \times 380 = 9120 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Sehingga, total jumlahnya adalah sebesar 53900 jiwa

- Rumah sakit

Berdasarkan data yang diperoleh dari situs Kementerian Kesehatan, rumah sakit yang bertempat di Ponorogo sejumlah 6 buah. Diasumsikan 1 rumah sakit menyediakan 500 kasur untuk pasien, jadi jumlahnya adalah 3000 kasur.

Rumah sakit berjumlah 6 tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.13 sebagai berikut.

**Tabel 4.13** Data Jumlah Rumah Sakit (Sumber: Kementerian Kesehatan RI)

RUMAH SAKIT						
KODE RS	NAMA RS	JENIS	KLS	ALAMAT	KODE POS	TELEPON
3502010	RS Umum Daerah Dr. Harjono S. Kabupaten Ponorogo	RSU	B	Ponorogo	63415	0352-489262
3502112	RS Umum Aisyiah Ponorogo	RSU	C	Ponorogo	63419	0352-461560
3502123	RS Umum Darmayu Ponorogo	RSU	C	Ponorogo	63419	(0352) 481320
3502134	RS Umum Muhammadiyah Ponorogo	RSU	C	Ponorogo	63413	0352 481273
3502145	RS Griya Waluya	RSU	D	Ponorogo	63419	0352 481483
3502146	RS Umum Muslimat Ponorogo	RSU	D	Ponorogo	63419	0352 - 481986

- Puskesmas

Berdasarkan data dari kementerian kesehatan pada Tabel 4.14 di bawah ini, pada tahun 2013 telah ada puskesmas sebanyak 31 buah.

**Tabel 4.14** Data Jumlah Puskesmas Tahun 2013 (Sumber: Kementerian Kesehatan RI)

JUMLAH PUSKESMAS MENURUT KABUPATEN/KOTA  
(KEADAAN 31 DESEMBER 2013)

PROVINSI	JAWA TIMUR			
KODE	KAB/KOTA	RAWAT INAP	NON RAWAT INAP	JUMLAH
3501	PACITAN	11	13	24
3502	PONOROGO	19	12	31
3503	TRENGGALEK	18	4	22
3504	TULUNGAGUNG	14	17	31
3505	BLITAR	14	10	24
3506	KEDIRI	8	29	37
3507	MALANG	26	13	39
3508	LUMAJANG	18	7	25
3509	JEMBER	17	32	49
3510	BANYUWANGI	16	29	45
3511	BONDOWOSO	25	0	25
3512	SITUBONDO	12	5	17
3513	PROBOLINGGO	19	14	33
3514	PASURUAN	18	15	33
3515	SIDOARJO	13	13	26
3516	MOJOKERTO	15	12	27
3517	JOMBANG	17	17	34
3518	NGANJUK	9	11	20
3519	MADIUN	9	17	26
3520	MAGETAN	17	5	22
3521	NGAWI	8	16	24
3522	BOJONEGORO	12	24	36
3523	TUBAN	8	25	33
3524	LAMONGAN	32	1	33
3525	GRESIK	14	18	32
3526	BANGKALAN	22	0	22
3527	SAMPANG	15	6	21
3528	PAMEKASAN	15	5	20
3529	SUMENEP	30	0	30
3571	KOTA KEDIRI	3	6	9
3572	KOTA BLITAR	2	1	3
3573	KOTA MALANG	4	11	15
3574	KOTA PROBOLINGGO	2	4	6
3575	KOTA PASURUAN	0	8	8
3576	KOTA MOJOKERTO	2	3	5
3577	KOTA MADIUN	1	5	6
3578	KOTA SURABAYA	16	46	62
3579	KOTA BATU	3	2	5
<b>JUMLAH</b>		<b>504</b>	<b>456</b>	<b>960</b>

- Tempat ibadah  
Berdasarkan data dari Kementerian Agama Provinsi Jawa Timur pada Tabel 4.15 bawah ini, jumlah tempat ibadah di Ponorogo sejumlah 4503 buah.

**Tabel 4.15** Data Jumlah Tempat Ibadah di Jawa Timur Tahun 2013 (Sumber: Kementerian Agama Provinsi Jawa Timur)

NO	KEMENAG	TEMPAT IBADAH								
		MASJID	LANGGAR	GEREJA KRISTEN	KATOLIK			PURA	VIHARA	KLENTENG
					Gereja	Kapel	Darurat			
1	KAB. PACITAN	1,556	1,051	6	-	2	3	-	-	-
2	KAB. PONOROGO	2,081	2,374	25	1	7	12	1	2	-
3	KAB. TRENGGALEK	1,312	2,171	18	-	2	2	-	-	-
4	KAB. TULUNGAGUNG	1,213	3,273	80	1	4	2	3	3	-
5	KAB. BUTAR	1,077	825	39	1	43	17	80	23	20
6	KAB. KEDIRI	1,462	4,528	17	1	25	10	35	-	-
7	KAB. MALANG	2,087	11,297	23	5	30	6	51	14	-
8	KAB. LUMAJANG	904	6,267	21	1	4	8	26	1	-
9	KAB. JEMBER	2,355	10,055	54	3	6	3	4	2	-
10	KAB. BANYUWANGI	1,761	1,512	78	3	12	6	76	32	2
11	KAB. BONDOWOSO	1,020	3,420	50	1	4	2	1	1	-
12	KAB. SITUBONDO	647	1,438	105	1	4	2	1	3	1
13	KAB. PROBOLINGGO	1,113	371	83	-	3	4	9	-	-
14	KAB. PASURUAN	1,490	6,123	79	1	3	3	32	1	-
15	KAB. SIDOARJO	1,014	4,154	65	3	3	2	4	-	2
16	KAB. MOJOKERTO	1,045	3,059	25	-	6	2	4	1	3
17	KAB. JOMBANG	1,167	2,957	30	1	2	3	5	-	-
18	KAB. NGANJUK	980	2,267	14	1	4	2	1	-	1
19	KAB. MADIUN	884	205	20	-	6	4	4	-	-
20	KAB. MAGETAN	969	3,091	10	1	6	3	1	3	2
21	KAB. NGAWI	1,385	3,950	2	1	13	10	1	1	1
22	KAB. BOJONEGORO	1,239	5,963	6	1	2	4	1	-	1
23	KAB. TUSAN	651	5,771	4	1	3	2	1	-	2
24	KAB. LAMONGAN	1,739	4,300	63	-	2	1	1	-	-
25	KAB. GRESIK	1,074	2,890	99	1	2	2	12	-	1
26	KAB. BANGKALAN	906	388	25	1	4	2	1	-	-
27	KAB. SAMPANG	909	358	18	-	1	1	-	-	-
28	KAB. PAMEKASAN	1,036	4,850	50	1	1	3	-	1	-
29	KAB. SUMENEP	1,502	2,742	423	1	1	1	-	1	1
30	KOTA KEDIRI	194	177	128	2	15	4	6	-	1
31	KOTA BUTAR	121	208	102	2	7	14	-	1	1
32	KOTA MALANG	566	1,091	92	8	10	2	5	8	1
33	KOTA PROBOLINGGO	89	489	210	1	2	2	9	1	-
34	KOTA PASURUAN	73	179	92	1	2	2	1	1	1
35	KOTA MOJOKERTO	186	231	193	2	4	3	1	3	1
36	KOTA MADIUN	1,138	1,451	24	20	28	5	3	1	1
37	KOTA SURABAYA	119	316	27	1	2	3	8	54	6
38	KOTA BATU	139	428	16	1	4	5	2	4	1
	<b>JUMLAH</b>	<b>39,405</b>	<b>108,290</b>	<b>2,416</b>	<b>70</b>	<b>280</b>	<b>182</b>	<b>390</b>	<b>162</b>	<b>50</b>

- Kantor

Berdasarkan data yang didapat dari situs resmi Badan Pusat Statistik yang ditunjukkan oleh Tabel 4.16 di bawah ini, jumlah tenaga kerja pada perkantoran atau perusahaan di Ponorogo sebanyak 1955 orang.

**Tabel 4.16** Data Jumlah Tenaga Kerja di Jawa Timur  
(Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur)

<b>Jumlah Perusahaan dan Tenaga Kerja Menurut Kabupaten/Kota di Jawa Timur, 2015</b>					
Kabupaten/ Kota <i>Region</i>		Perusahaan	Tenaga Kerja		Jumlah
			Laki-laki	Perempuan	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Kabupaten / <i>Regency</i>					
3501	Pacitan	17	898	1 705	2 603
3502	Ponorogo	34	857	1 098	1 955
3503	Trenggalek	46	444	1 416	1 860
3504	Tulungagung	188	4 873	6 842	11 715
3505	Blitar	81	1 859	1 311	3 170
3506	Kediri	122	9 255	6 426	15 681
3507	Malang	267	25 305	28 015	53 320
3508	Lumajang	85	7 909	4 691	12 600
3509	Jember	176	22 564	20 467	43 031
3510	Banyuwangi	280	10 528	11 557	22 085
3511	Bondowoso	81	4 785	5 534	10 319
3512	Situbondo	97	5 727	2 915	8 642
3513	Probolinggo	64	5 310	7 427	12 737
3514	Pasuruan	811	59 860	55 033	114 893
3515	Sidoarjo	978	102 108	79 595	181 703
3516	Mojokerto	270	25 092	20 099	45 191

Kabupaten/ Kota <i>Region</i>		Perusahaan	Tenaga Kerja		Jumlah
			Laki-laki	Perempuan	
(1)		(2)	(3)	(4)	(5)
3517	Jombang	161	13 453	18 101	31 554
3518	Nganjuk	45	2 867	2 923	5 790
3519	Madiun	24	1 593	1 253	2 846
3520	Magetan	37	2 201	899	3 100
3521	Ngawi	27	2 085	2 928	5 013
3522	Bojonegoro	88	3 017	5 972	8 989
3523	Tuban	199	5 310	8 930	14 240
3524	Lamongan	150	3 753	9 996	13 749
3525	Gresik	603	60 310	33 632	93 942
3526	Bangkalan	20	1 457	784	2 241
3527	Sampang	25	356	384	740
3528	Pamekasan	75	2 287	5 302	7 589
3529	Sumenep	78	1 021	4 092	5 113
<b>Kota /Municipality</b>					-
3571	Kediri	36	11 112	14 923	26 035
3572	Blitar	13	355	1 368	1 723
3573	Malang	269	16 491	23 524	40 015
3574	Probolinggo	47	7 997	14 901	22 898
3575	Pasuruan	63	2 325	2 691	5 016
3576	Mojokerto	63	3 764	4 244	8 008
3577	Madiun	58	4 288	1 086	5 374
3578	Surabaya	957	90 938	65 955	156 893
3579	Batu	37	613	691	1 304
Jawa Timur		6 672	524 967	478 710	1 003 677



- Pasar

Berdasarkan data retribusi pasar yang diperoleh dari Dinas Industri Perdagangan dan Koperasi Kabupaten Ponorogo yang ditunjukkan dengan Tabel 4.17 di bawah ini, jumlah pasar yang dapat diairi sebanyak 6 buah, diantaranya ialah Pasar Jetis hewan maupun umum, Pasar Sawoo, Pasar Balong, Pasar Bungkal, dan Pasar Slahung.

**Tabel 4.17** Data Pendapatan Retribusi Pasar Kabupaten Ponorogo  
(Sumber: Dinas Indagkop Kabupaten Ponorogo)

No.	Pasar daerah	Target	Realisasi
1	Pasar Songgolangit	Rp 678,474,000	Rp 635,474,000
2	Pasar Legi Selatan	Rp 140,000,000	Rp 140,017,650
3	Pasar Tonatan	Rp 98,358,000	Rp 100,151,500
4	Pasar Jetis Hewan	Rp 125,183,000	Rp 102,335,000
5	Pasar Jetis Umum	Rp 83,486,000	Rp 70,094,500
6	Pasar Taman Sari	Rp 61,200,000	Rp 50,166,500
7	Pasar Sawoo	Rp 86,660,000	Rp 76,173,600
8	Pasar Badegan	Rp 34,740,000	Rp 33,360,800
9	Pasar Sumoroto 1	Rp 148,500,000	Rp 138,667,000
10	Pasar Sumoroto 2	Rp 43,470,000	Rp 41,140,000
11	Pasar Ngumpul	Rp 31,015,000	Rp 28,486,400
12	Pasar Balong	Rp 132,628,000	Rp 124,194,800
13	Pasar Bungkal	Rp 82,800,000	Rp 77,252,300
14	Pasar Slahung	Rp 70,000,000	Rp 65,272,800
15	Pasar Pulung	Rp 100,800,000	Rp 94,852,300
16	Pasar Jenangan	Rp 24,800,000	Rp 20,739,500
17	Pasar Kasugihan	Rp 48,360,000	Rp 45,102,100
18	Pertokoan	Rp 72,000,000	Rp 72,175,000
19	Pertokoan di Luar Pasar	Rp 219,000,000	Rp 231,034,100
20	Kebersihan	Rp 16,020,000	Rp 14,170,000
21	MCK	Rp 24,000,000	Rp 24,210,000
22	Parkir	Rp 131,000,000	Rp 131,000,000
Jumlah Total		Rp 2,452,494,000	Rp 2,316,069,850

- **Hotel**

Berdasarkan situs teamtouring.net, terdapat 16 buah hotel yang berada di kabupaten Ponorogo. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. **Hotel Aman.** Jl. Soekarno Hatta 14 Ponorogo Telp: 0352-485437
2. **Hotel Dirgahayu.** Jl Soekarno Hatta 315 Ponorogo Telp: 0352-481154
3. **Hotel Fortune.** Jl. KH. Ahmad Dahlan 82A Ponorogo Telp: 0352-483888
4. **Hotel Gajah Mada.** Jl. Gajah Mada 56 Ponorogo Telp: 0352-461145
5. **Hotel Gembira.** Jl. Gajah Mada 4 Ponorogo Telp: 0352-481702
6. **Hotel Indonesia.** Jl. Soekarno Hatta 206 Ponorogo Telp: 0352-481917
7. **Hotel Juanda.** Jl. Ir. Juanda Ponorogo Telp: 0352-461140
8. **Hotel Kencana Dewi.** Jl. Diponegoro 40 Ponorogo Telp: 0352-481515
9. **Hotel Larasasti.** Jl. Basuki Rahmat Ponorogo Telp: 0352-461140
10. **Hotel La Tiba.** Jl. KH Ahmad Dahlan Ponorogo Telp: 0352-481102
11. **Hotel Pantes.** Jl. Diponegoro 85 Ponorogo Telp: 0352-484361
12. **Hotel Pesanggrahan.** Ngebel, Ponorogo
13. **Hotel Ponorogo Permai.** Jl. Jend Sudirman 117 Ponorogo Telp: 0352-461360, 484262, 484263, 461369
14. **Hotel SAA Nusantara.** Jl. Sultan Agung 4 Ponorogo Telp: 0352-481419
15. **Hotel Sentrum.** Jl. Sukarno Hatta 12 Ponorogo Telp: 0352-481787
16. **Hotel Wilis.** Gondowido village, Ngebel, Ponorogo Telp: 0352-591007

Jika diasumsikan jumlah kasur di tiap hotel adalah 200, maka jumlah seluruh kasur adalah 3200 buah.

- Restoran

Berdasarkan data yang diperoleh dari situs *trip advisor Indonesia*, kiranya terdapat 10 restoran di Ponorogo. Bila diasumsikan jumlah tempat duduk setiap restoran sebanyak 50 buah, maka jumlah total tempat duduknya sejumlah 500 buah.

- Komplek militer

Komplek militer yang ada di Ponorogo hanya berjumlah 1 saja yakni Kodim 0802, lalu diasumsikan orang/tentara di tempat tersebut berjumlah 300 orang.

Rekapitulasi perhitungan untuk kebutuhan air baku dapat dilihat pada Tabel 4.18 di bawah ini.

**Tabel 4.18** Rekap Perhitungan Kebutuhan Air Baku  
(Sumber: Penulis, 2019)

Air Baku	Jumlah	Satuan	Kebutuhan (lt/hari)	Satuan	Total Kebutuhan (lt/hari)
Domestik	283576	Jiwa	90	lt/org/hari	25521840
Total					25521840
Non-Domestik					
Sekolah	53900	Murid	10	lt/mrd/hari	539000
Rumah sakit	3000	Bed	200	lt/bed/hari	600000
Puskesmas	31	Buah	2000	lt/hari	62000
Tempat Ibadah	4503	Buah	3000	lt/hari	13509000
Kantor	1995	Pegawai	10	lt/pegawai/hr	19950
Pasar	60	Hektar	12000	lt/ha/hari	720000
Hotel	3200	Bed	150	lt/bed/hari	480000
Restoran	500	Kursi	100	lt/tmpt duduk/hari	50000
Komplek Militer	300	Orang	60	lt/orng/hari	18000
Total					15997950

### 4.3.3 Kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai

Debit yang harus dialirkan agar sungai tetap hidup ialah sebesar 95% debit andalan. Oleh karena itu, kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai mengacu pada debit andalan sungai. Data debit sungai ini diambil dari analisis ketersediaan air (*inflow*) metode F.J. Mock, yakni sesuai Tabel 4.19 berikut,

**Tabel 4.19** Hasil Perhitungan Debit Metode F.J. Mock  
(Sumber: Penulis, 2019)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1998	4.42	14.18	13.20	11.00	0.00	4.45	4.40	1.58	0.65	4.28	7.03	10.13
1999	6.15	9.34	10.55	8.63	3.04	1.26	0.49	0.19	0.08	5.38	9.01	7.48
2000	10.40	15.64	12.33	11.18	7.30	2.79	1.08	0.43	0.18	6.98	9.01	8.56
2001	6.35	9.21	13.31	11.42	6.16	4.47	2.14	0.82	0.34	6.66	6.90	5.48
2002	7.26	10.51	11.06	6.47	3.43	1.34	0.52	0.21	0.09	2.45	5.66	7.03
2003	8.47	12.26	10.45	6.45	2.33	0.96	0.37	0.15	0.06	5.94	8.21	9.42
2004	7.25	10.51	11.60	4.56	1.75	0.72	1.66	0.57	0.24	1.96	10.19	9.53
2005	5.67	9.98	10.62	7.56	3.34	4.90	2.27	0.87	0.36	5.00	5.20	8.99
2006	11.23	10.96	10.93	10.29	8.28	3.10	1.20	0.48	0.20	2.37	2.35	6.86
2007	3.81	10.35	10.19	8.63	4.59	1.84	0.71	0.28	0.12	5.30	7.98	12.29
2008	4.93	13.91	14.57	7.31	2.71	1.12	0.43	0.17	0.07	7.20	10.87	9.79
2009	9.23	15.56	9.72	9.61	8.00	2.99	1.16	0.46	0.19	3.72	6.28	7.23
2010	8.75	11.97	14.77	12.15	11.50	6.38	3.53	1.34	2.14	9.47	7.76	10.97
2011	6.04	8.54	11.14	11.77	7.66	2.92	1.13	0.45	0.19	3.23	9.43	10.05
2012	10.03	11.63	10.05	6.78	3.45	1.36	0.53	0.21	0.09	4.66	7.37	9.39
2013	12.56	14.62	12.65	10.73	8.03	7.86	4.06	1.54	0.64	3.32	5.22	8.82
2014	10.49	11.03	11.45	8.31	4.06	2.79	1.28	0.50	0.20	2.03	5.63	9.15
2015	7.65	12.00	13.17	10.30	5.05	1.99	0.77	0.31	0.13	2.09	5.24	6.42
2016	4.52	12.27	9.29	9.05	8.17	4.91	3.45	1.49	4.19	10.15	9.70	7.43
2017	6.63	10.67	9.02	8.82	4.33	1.82	0.70	0.28	0.11	6.08	11.37	7.59
2018	7.84	14.64	9.36	5.52	2.01	0.83	0.32	0.13	0.05	3.05	7.40	7.09

Setelah diurutkan mulai dari debit terkecil sampai besar, maka dibuat tabel probabilitas untuk membuat grafik *duration curve* dengan perhitungan seperti di bawah ini:

$$R : \text{range data} = \text{debit terbesar} - \text{debit terkecil} \\ = 15,6 - 0 = 15,6$$

$$K : \text{jumlah kelas} = 1 + 3,3322 \times \log (\text{jumlah data}) \\ = 1 + 3,3322 \times \log 252 = 9$$

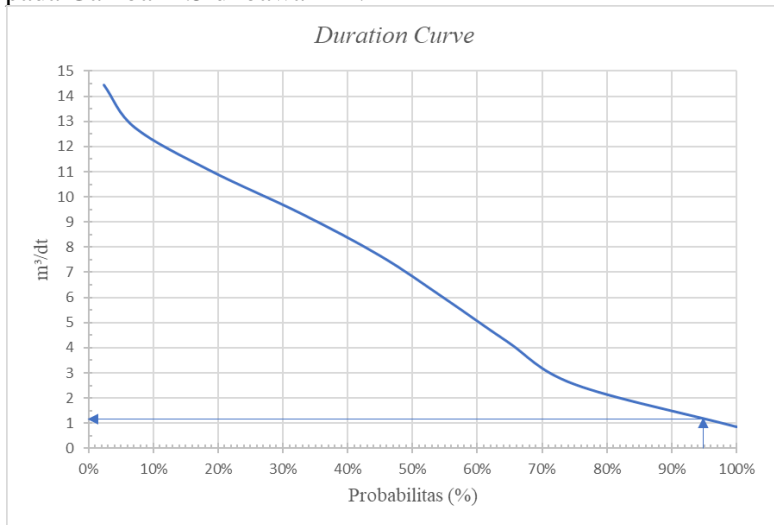
$$I : \text{interval} = R/K \\ = 15,6/9 = 1,7$$

Perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut ini.

**Tabel 4.20** Perhitungan Probabilitas (Sumber: Penulis, 2019)

Q (m <sup>3</sup> /dt)	Nilai Tengah (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi i	Frekuensi Kumulatif f	Probabilitas (%)
0.00 - 1.70	0.9	63	251	100.00
1.70 - 3.40	2.6	26	188	74.90
3.40 - 5.10	4.3	24	162	64.54
5.10 - 6.80	6.0	25	138	54.98
6.80 - 8.50	7.7	31	113	45.02
8.50 - 10.20	9.4	35	82	32.67
10.20 - 11.90	11.1	29	47	18.73
11.90 - 13.60	12.8	12	18	7.17
13.60 - 15.30	14.5	6	6	2.39
Total		251		

Setelah itu grafik *duration curve* dapat dibuat dari nilai tengah dan probabilitas masing-masing kelas sebagaimana grafik pada Gambar 4.5 di bawah ini.



**Gambar 4.5** Grafik *Duration Curve*  
(Sumber: Penulis, 2019)

Gambar 4.5 tersebut dapat menjelaskan bahwa debit andalan 95% ( $Q_{95}$ ) sebesar 1,2 m<sup>3</sup>/dt.

## BAB V

### SIMULASI DAN OPTIMASI PENGOPERASIAN WADUK

#### 5.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dijelaskan tentang simulasi pengoperasian air beserta optimasi yang diterapkan. Optimasi yang diterapkan berupa pemilihan bulan awal untuk operasi dan pembatasan debit air yang dikeluarkan baik untuk irigasi, air baku, maupun pemeliharaan sungai.

#### 5.2 Simulasi Pengoperasian Waduk

Simulasi pengoperasian waduk ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan waduk dalam menyuplai berbagai kebutuhan air yang ada. Setelah sebelumnya dihitung kebutuhan air untuk irigasi, air baku, dan untuk pemeliharaan air, serta ketersediaan airnya, maka *inflow* dan *outflow* tersebut dapat diketahui naik turunnya air dalam tampungan waduk setiap bulannya. Berikut ini merupakan contoh simulasi pengoperasian waduk pada bulan Oktober :

- a. Aliran masuk (*inflow*)

$$\begin{aligned} \text{Inflow} &= 2,497 \text{ m}^3/\text{dt} \times 3600 \text{ dt} \times 24 \text{ jam} \times 31 \text{ hari} \\ &= 6,689 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

- b. Kebutuhan irigasi (*outflow*)

Kebutuhan irigasi setiap bulan mengacu rekapitulasi pada Tabel 5.1 di bawah ini,

**Tabel 5.1** Kebutuhan Irigasi Setiap Bulan  
(Sumber : Penulis, 2019)

Bulan	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Spt	Okt	Nop	Des
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	7.99	6.81	3.20	4.95	8.09	6.82	5.10	6.40	7.50	7.06	3.42	6.82

Jadi kebutuhan air irigasi untuk bulan Oktober sebesar

$$\begin{aligned} \text{Outflow 1} &= 7,06 \text{ m}^3/\text{dt} \times 3600 \text{ dt} \times 24 \text{ jam} \times 31 \text{ hari} \\ &= 18,915 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

c. Kebutuhan air baku domestik (*outflow*)

Kebutuhan air baku dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut,

**Tabel 5.2** Kebutuhan Air Baku Domestik dan Non-domestik  
(Sumber : Penulis, 2019)

Air Baku	Jumlah	Satuan	Kebutuhan	satuan	Total Kebutuhan (lt/hari)
Domestik	283576	Jiwa	90	lt/org/hari	25521840
Total					25521840
Non-Domestik					
Sekolah	53900	Murid	10	lt/mrd/hari	539000
Rumah sakit	3000	Bed	200	lt/bed/hari	600000
Puskesmas	31	Buah	2000	lt/hari	62000
Tempat Ibadah	4503	Buah	3000	lt/hari	13509000
Kantor	1995	Pegawai	10	lt/pegawai/hr	19950
Pasar	60	Hektar	12000	lt/ha/hari	720000
Hotel	3200	Bed	150	lt/bed/hari	480000
Restoran	500	Kursi	100	lt/tmpt duduk/hari	50000
Komplek Militer	300	Orang	60	lt/orng/hari	18000
Total					15997950

Jadi kebutuhan air irigasi untuk bulan Oktober sebesar

$$\begin{aligned} \text{Outflow 2} &= 33615720 \text{ lt/hari} \times 31 \text{ hari} / 1000 \text{ m}^3 \\ &= 1,042 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

d. Kebutuhan air baku non-domestik (*outflow*)

$$\begin{aligned} \text{Outflow 3} &= 16186550 \text{ lt/hari} \times 31 \text{ hari} / 1000 \text{ m}^3 \\ &= 0,251 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

e. Kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai (*outflow*)

Khusus untuk bulan Juli, Agustus, dan September tidak disediakan air untuk pemeliharaan sungai karena pada bulan itu tidak ada *inflow* atau sedikit sekali.

$$\begin{aligned} \text{Outflow 4} &= 1,2 \text{ m}^3/\text{dt} \times 3600 \text{ dt} \times 24 \text{ jam} \times 31 \text{ hari} \\ &= 3,184 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

f. Total kebutuhan air (*outflow*)

$$\begin{aligned} \text{Outflow} &= \text{Outflow 1} + \text{Outflow 2} + \text{Outflow 3} + \text{Outflow} \\ &= 18,915 + 1,042 + 0,251 + 3,184 \\ &= 23,392 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

g. Volume waduk akhir bulan

Waduk ini mulai beroperasi pada volume penuh (*usefull storage* = 45,415 juta m<sup>3</sup>)

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{volume penuh} + \text{inflow} - \text{outflow} \\ &= 45,415 + 6,689 - 23,392 \\ &= 28,712 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut berpengaruh untuk bulan berikutnya (Nopember)

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 28,712 + 14,533 - 13,185 \\ &= 30,061 \text{ juta m}^3 \end{aligned}$$

Simulasi waduk yang dimulai pada bulan Oktober tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut,

**Tabel 5.3** Simulasi Pengoperasian Waduk yang di Mulai pada Bulan Oktober (Sumber : Penulis, 2019)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Akhir Bulan	
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8		
									45.415
31 Okt	2.497	6.689	18.915	1.042	0.251	3.184	23.392		28.712
30 Nop	5.607	14.533	8.852	1.008	0.243	3.081	13.185		30.061
31 Des	7.109	19.040	18.278	1.042	0.251	3.184	22.755		26.346
31 Jan	5.739	15.370	21.414	1.042	0.251	3.184	25.890		15.826
29 Feb	10.378	26.003	17.054	0.975	0.235	2.978	21.242		20.587
31 Mrt	10.080	26.997	8.569	1.042	0.251	3.184	13.045		34.539
30 Apr	6.884	17.844	12.828	1.008	0.243	3.081	17.161		35.223
31 Mei	2.772	7.425	21.668	1.042	0.251	3.184	26.145		16.503
30 Jun	1.274	3.301	17.689	1.008	0.243	3.081	22.021		-2.217
31 Jul	0.521	1.397	13.663	1.042	0.251		14.956		-15.776
31 Agt	0.209	0.559	17.145	1.042	0.251		18.438		-33.655
30 Sep	0.086	0.223	19.428	1.008	0.243		20.679		-54.111
Total		139.382					238.908		

Tabel tersebut menunjukkan bahwa kemampuan waduk tidak dapat mencukupi berbagai kebutuhan air, ditandai dengan total *outflow* (238,908 juta m<sup>3</sup>) lebih besar dibandingkan dengan



*inflow* + tampungan (184,797 juta m<sup>3</sup>). Sehingga perlu diterapkan optimasi sebagai solusi dari masalah tersebut.

### 5.3 Optimasi Pengoperasian Waduk

Optimasi ini dilakukan sebagai upaya untuk memaksimalkan potensi dari waduk. Optimasi ini berupa perubahan luas irigasi yang dapat diairi serta perubahan bulan dimulainya pengoperasian waduk.

#### 5.3.1 Optimasi 1 (luas tanam irigasi = 75%)

Pengoperasian sebelumnya adalah 7800 hektar, maka pada optimasi 1 ini dicoba luas tanam 75% dari 7800 hektar. Jadi luas tanam sebesar 5850 hektar.

Perubahan suplai air irigasi ditunjukkan oleh Tabel 5.3 berikut ini,

**Tabel 5.4** Perubahan Suplai Air untuk Irigasi (Sumber : Penulis, 2019)

Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Optimasi 1 75% (m <sup>3</sup> /dt)
Januari	7.995	6.00
Februari	6.806	5.10
Maret	3.199	2.40
April	4.949	3.71
Mei	8.090	6.07
Juni	6.824	5.12
Juli	5.101	3.83
Agustus	6.401	4.80
September	7.495	5.62
Oktober	7.062	5.30
Nopember	3.415	2.56
Desember	6.824	5.12

Hasil pengoperasian dari perubahan suplai tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut ini,

**Tabel 5.5** Hasil Optimasi Pengoperasian 1 (Sumber : Penulis, 2019)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
								<b>45.415</b>
31 Okt	2.497	6.689	14.186	0.791	0.248	3.184	18.409	33.694
30 Nop	5.607	14.533	6.639	0.766	0.240	3.081	10.726	37.502
31 Des	7.109	19.040	13.708	0.791	0.248	3.184	17.931	38.611
31 Jan	5.739	15.370	16.060	0.791	0.248	3.184	20.283	33.698
29 Feb	10.378	26.003	12.791	0.740	0.232	2.978	16.741	42.960
31 Mrt	10.080	26.997	6.426	0.791	0.248	3.184	10.649	59.308
30 Apr	6.884	17.844	9.621	0.766	0.240	3.081	13.708	63.444
31 Mei	2.772	7.425	16.251	0.791	0.248	3.184	20.474	50.396
30 Jun	1.274	3.301	13.267	0.766	0.240	3.081	17.353	36.344
31 Jul	0.521	1.397	10.247	0.791	0.248		11.286	26.544
31 Agt	0.209	0.559	12.859	0.791	0.248		13.898	13.115
30 Sep	0.086	0.223	14.571	0.766	0.240		15.577	-2.239
Total		139.382					187.035	

Tabel tersebut menunjukkan bahwa kemampuan waduk tidak dapat mencukupi berbagai kebutuhan air, ditandai dengan total *outflow* (187,035 juta m<sup>3</sup>) lebih besar dibandingkan dengan *inflow* + tampungan (184,797 juta m<sup>3</sup>). Sehingga perlu diterapkan optimasi 2.

### 5.3.2 Optimasi 2

Optimasi yang ke-2 ini dengan mengurangi luas tanam sebesar 50%, artinya luas tanam yang awalnya 7800 hektar menjadi 3900 hektar.

Perubahan suplai air irigasi ke-2 ditunjukkan oleh Tabel 5.6 berikut ini,

**Tabel 5.6** Perubahan Suplai Air untuk Irigasi Ke-2 (Sumber : Penulis, 2019)

Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Optimasi 1 75% (m <sup>3</sup> /dt)	Optimasi 2 50% (m <sup>3</sup> /dt)
Januari	7.995	6.00	3.997
Februari	6.806	5.10	3.403

Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Optimasi 1 75% (m <sup>3</sup> /dt)	Optimasi 2 50% (m <sup>3</sup> /dt)
Maret	3.199	2.40	1.600
April	4.949	3.71	2.475
Mei	8.090	6.07	4.045
Juni	6.824	5.12	3.412
Juli	5.101	3.83	2.551
Agustus	6.401	4.80	3.201
September	7.495	5.62	3.748
Oktober	7.062	5.30	3.531
Nopember	3.415	2.56	1.708
Desember	6.824	5.12	3.412

Hasil pengoperasian dari perubahan suplai tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut ini,

**Tabel 5.7** Hasil Optimasi Pengoperasian 2 (Sumber : Penulis, 2019)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	9
								<b>45.415</b>
31 Okt	2.497	6.689	9.457	0.791	0.248	3.184	13.680	38.423
30 Nop	5.607	14.533	4.426	0.766	0.240	3.081	8.513	44.444
31 Des	7.109	19.040	9.139	0.791	0.248	3.184	13.362	50.122
31 Jan	5.739	15.370	10.707	0.791	0.248	3.184	14.930	50.563
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.740	0.232	2.978	12.477	64.088
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	0.791	0.248	3.184	8.507	63.905
30 Apr	6.884	17.844	6.414	0.766	0.240	3.081	10.501	52.758
31 Mei	2.772	7.425	10.834	0.791	0.248	3.184	15.057	45.127
30 Jun	1.274	3.301	8.844	0.766	0.240	3.081	12.931	35.496
31 Jul	0.521	1.397	6.831	0.791	0.248		7.871	29.023
31 Agt	0.209	0.559	8.573	0.791	0.248		9.612	19.970
30 Sep	0.086	0.223	9.714	0.766	0.240		10.720	9.473
Total		139.382	97.751				138.160	

Tabel tersebut menunjukkan bahwa kemampuan waduk telah dapat mencukupi berbagai kebutuhan air, ditandai dengan total *inflow* + tampungan (184,797 juta m<sup>3</sup>) lebih besar dibandingkan dengan *outflow* (138,160 juta m<sup>3</sup>).

Selanjutnya dicoba simulasi pengoperasian periode tahun ke-2 dengan volume awal waduk adalah bulan September, yaitu sebesar 0,877 juta m<sup>3</sup> sebagaimana tabel berikut ini,

**Tabel 5.8** Pengoperasian Periode Tahun Ke-2 (Sumber : Penulis, 2019)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	9
								9.473
31 Okt	2.497	6.689	9.457	0.791	0.248	3.184	13.680	2.482
30 Nop	5.607	14.533	4.426	0.766	0.240	3.081	8.513	8.502
31 Des	7.109	19.040	9.139	0.791	0.248	3.184	13.362	14.181
31 Jan	5.739	15.370	10.707	0.791	0.248	3.184	14.930	14.621
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.740	0.232	2.978	12.477	28.147
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	0.791	0.248	3.184	8.507	27.963
30 Apr	6.884	17.844	6.414	0.766	0.240	3.081	10.501	16.817
31 Mei	2.772	7.425	10.834	0.791	0.248	3.184	15.057	9.185
30 Jun	1.274	3.301	8.844	0.766	0.240	3.081	12.931	-0.445
31 Jul	0.521	1.397	6.831	0.791	0.248		7.871	-6.919
31 Agt	0.209	0.559	8.573	0.791	0.248		9.612	-15.972
30 Sep	0.086	0.223	9.714	0.766	0.240		10.720	-26.468
Total		139.382	97.751				138.160	

Tabel di atas menunjukkan bahwa terjadi kekurangan air pada bulan Oktober, Nopember, dan September sejumlah 49,803 juta m<sup>3</sup>. Sehingga perlu optimasi lagi.

### 5.3.3 Optimasi 3

Optimasi 3 ini untuk mencari bulan terbaik sebagai awal pengoperasian, karena sebenarnya kemampuan waduk telah dapat memenuhi seluruh kebutuhan. Setelah dicoba dari bulan Januari sampai Desember, diantara bulan-bulan terbaik tersebut adalah bulan Juni, Juli, Agustus, dan September.

Simulasi pengoperasian periode tahun ke-2 bulan-bulan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.10, Tabel 5.11, dan Tabel 5.12.

**Tabel 5.9** Simulasi Tahun Ke-2 Diawali Bulan Juni (Sumber : Penulis, 2019)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
30 Jun	1.274	3.301	8.844	0.766	0.240		12.931	28.153
31 Jul	0.521	1.397	6.831	0.791	0.248		7.871	21.679
31 Agt	0.209	0.559	8.573	0.791	0.248		9.612	12.626
30 Sep	0.086	0.223	9.714	0.766	0.240		10.720	2.130
31 Okt	2.497	6.689	9.457	0.791	0.248	3.184	13.680	-4.861
30 Nop	5.607	14.533	4.426	0.766	0.240	3.081	8.513	6.020
31 Des	7.109	19.040	9.139	0.791	0.248	3.184	13.362	11.699
31 Jan	5.739	15.370	10.707	0.791	0.248	3.184	14.930	12.139
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.740	0.232	2.978	12.477	25.665
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	0.791	0.248	3.184	8.507	44.155
30 Apr	6.884	17.844	6.414	0.766	0.240	3.081	10.501	51.499
31 Mei	2.772	7.425	10.834	0.791	0.248	3.184	15.057	37.783
Total		139.382					138.160	-4.861

**Tabel 5.10** Simulasi Tahun Ke-2 Diawali Bulan Juli (Sumber : Penulis, 2019)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
31 Jul	0.521	1.397	6.831	0.791	0.248		7.871	21.679
31 Agt	0.209	0.559	8.573	0.791	0.248		9.612	12.626
30 Sep	0.086	0.223	9.714	0.766	0.240		10.720	2.130
31 Okt	2.497	6.689	9.457	0.791	0.248	3.184	13.680	-4.861
30 Nop	5.607	14.533	4.426	0.766	0.240	3.081	8.513	6.020
31 Des	7.109	19.040	9.139	0.791	0.248	3.184	13.362	11.699
31 Jan	5.739	15.370	10.707	0.791	0.248	3.184	14.930	12.139
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.740	0.232	2.978	12.477	25.665
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	0.791	0.248	3.184	8.507	44.155
30 Apr	6.884	17.844	6.414	0.766	0.240	3.081	10.501	51.499
31 Mei	2.772	7.425	10.834	0.791	0.248	3.184	15.057	20.522
30 Jun	1.274	3.301	8.844	0.766	0.240	3.081	12.931	10.892
Total		139.382					138.160	-4.861

**Tabel 5.11** Simulasi Tahun Ke-2 Diawali Bulan Agustus (Sumber : Penulis, 2019)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Akhir Bulan	
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$
1	$m^3/dt$	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$		$10^6 m^3$	$10^6 m^3$	
	2	3	4	5	6	7	9		
31 Agt	0.209	0.559	8.573	0.791	0.248		9.612	12.626	
30 Sep	0.086	0.223	9.714	0.766	0.240		10.720	2.130	
31 Okt	2.497	6.689	9.457	0.791	0.248	3.184	13.680	-4.861	
30 Nop	5.607	14.533	4.426	0.766	0.240	3.081	8.513	6.020	
31 Des	7.109	19.040	9.139	0.791	0.248	3.184	13.362	11.699	
31 Jan	5.739	15.370	10.707	0.791	0.248	3.184	14.930	12.139	
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.740	0.232	2.978	12.477	25.665	
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	0.791	0.248	3.184	8.507	44.155	
30 Apr	6.884	17.844	6.414	0.766	0.240	3.081	10.501	51.499	
31 Mei	2.772	7.425	10.834	0.791	0.248	3.184	15.057	37.783	
30 Jun	1.274	3.301	8.844	0.766	0.240	3.081	12.931	28.153	
31 Jul	0.521	1.397	6.831	0.791	0.248		7.871	21.679	
		139.382						-4.861	

**Tabel 5.12** Simulasi Tahun Ke-2 Diawali Bulan September (Sumber : Penulis, 2019)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Akhir Bulan	
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$
1	$m^3/dt$	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$	$10^6 m^3$		$10^6 m^3$	$10^6 m^3$	
	2	3	4	5	6	7	9		
30 Sep	0.086	0.223	9.714	0.766	0.240		10.720	2.130	
31 Okt	2.497	6.689	9.457	0.791	0.248	3.184	13.680	-4.861	
30 Nop	5.607	14.533	4.426	0.766	0.240	3.081	8.513	6.020	
31 Des	7.109	19.040	9.139	0.791	0.248	3.184	13.362	11.699	
31 Jan	5.739	15.370	10.707	0.791	0.248	3.184	14.930	12.139	
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.740	0.232	2.978	12.477	25.665	
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	0.791	0.248	3.184	8.507	44.155	
30 Apr	6.884	17.844	6.414	0.766	0.240	3.081	10.501	51.499	
31 Mei	2.772	7.425	10.834	0.791	0.248	3.184	15.057	37.783	
30 Jun	1.274	3.301	8.844	0.766	0.240	3.081	12.931	28.153	
31 Jul	0.521	1.397	6.831	0.791	0.248		7.871	21.679	
31 Agt	0.209	0.559	8.573	0.791	0.248		9.612	12.626	
		139.382					138.160	-4.861	

Keempat tabel menunjukkan bahwa tetap terjadi kekurangan air pada bulan Oktober, yaitu sebesar 4,861 juta  $m^3$ . Angka ini memang terlihat besar. Namun setelah ditelusuri, 4,861 juta  $m^3$  dalam sebulan adalah sama dengan 1,88  $m^3/dt$ . Angka tersebut

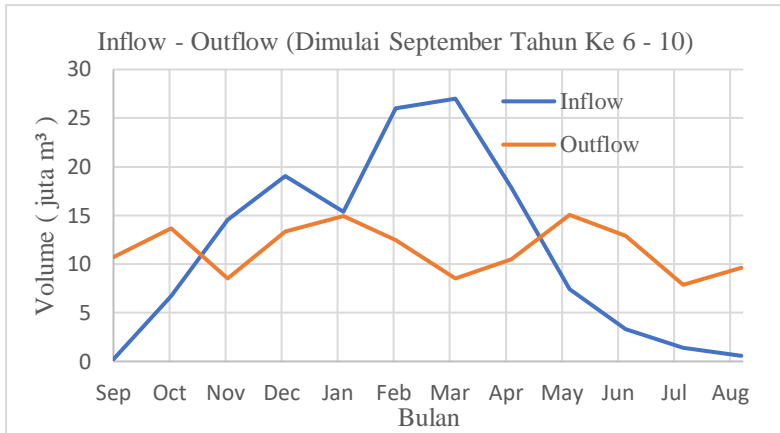
tentunya tidak begitu besar bila dibandingkan dengan kebutuhan air (DR) bulan Oktober yaitu 7,06 m<sup>3</sup>/dt, dengan kata lain kekurangan air pada bulan Oktober sebesar 27 % dari kebutuhan tersebut.

Simulasi diteruskan sampai periode tahun ke-3 dan menunjukkan bahwa simulasi yang diawali bulan Juli kekurangan airnya bertambah hingga 22,1293 juta m<sup>3</sup>. Lalu pada simulasi periode ke-6 sampai periode ke-10, simulasi yang diawali Bulan September secara konstan kekurangan air sebesar 4,861 juta m<sup>3</sup> setiap bulan. Simulasi pengoperasian beserta grafik hubungan *inflow-outflow* dapat dilihat pada Lampiran F1 sampai dengan Lampiran F32, lalu untuk rangkuman selengkapnyanya dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

**Tabel 5. 13** Rekapitulasi Simulasi Selama 10 Tahun

	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-3	Tahun ke-4	Tahun ke-5	Tahun ke-6	Tahun ke-7	Tahun ke-8	Tahun ke-9	Tahun ke-10
	Minus	Minus	Minus	Minus	Minus	Minus	Minus	Minus	Minus	Minus
Juni	0.000	-4.861	-4.861	-4.861	-4.861	-5.832	-5.832	-5.832	-5.832	-5.832
Juli	0.000	-4.861	-22.123							
Agsts	0.000	-4.861	-4.861	-4.861	-4.861	-5.832	-5.832	-5.832	-5.832	-5.832
Sept	0.000	-4.861	-4.861	-5.832	-5.832	-4.861	-4.861	-4.861	-4.861	-4.861

Jadi, pengoperasian sebaiknya dijadwalkan mulai Bulan September karena paling optimal dibandingkan bulan-bulan lain. Gambar 5.1 berikut merupakan hubungan antara inflow dengan outflow pada bulan September, dimana kelebihan air bulan Nopember sampai April akan menutupi kekurangan air pada bulan Mei sampai Oktober dengan adanya tampungan waduk.



**Gambar 5.1** Grafik Hubungan Inflow - Outflow Bulan Paling Optimal  
(Sumber: Penulis, 2019)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi pada Bab 4 dan Bab 5, dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai perencanaan pengoperasian dan optimasi Waduk Bendo Ponorogo sebagai berikut:

1. Perhitungan debit andalan 80% menunjukkan nilai debit terbesar pada bulan Februari yaitu  $10,38 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan nilai debit terkecil pada bulan September yaitu  $0,09 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
2. Perhitungan kebutuhan air menunjukkan bahwa untuk irigasi di DI Dam Bendo dan DI Dam Jati seluas 7800 hektar paling besar pada bulan Mei, yaitu  $8,09 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan paling kecil pada bulan Maret, yaitu  $3,199 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
3. Perhitungan kebutuhan air baku di 9 kecamatan di bawah Waduk Bendo untuk domestik senilai  $33.615.720$  liter/hari dan untuk non-domestik senilai  $16.186.550$  liter/hari.
4. Perhitungan kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai sebesar debit andalan 95% adalah sebesar  $1,2 \text{ m}^3/\text{dt}$ .
5. Perhitungan pengoperasian waduk pertama diperoleh bahwa keandalan waduk tidak mampu mencukupi ketiga kebutuhan, ditandai dengan jumlah air dalam tampungan + total air yang masuk setiap bulan ( $184,797$  juta  $\text{m}^3$ ) lebih kecil dari kebutuhan atau total air yang keluar setiap bulan ( $238,908$  juta  $\text{m}^3$ ).
6. Diterapkan optimasi, yaitu pengurangan suplai untuk area tanam dari 75% hingga 50% namun tetap belum mencukupi untuk pengoperasian periode tahun ke-2. Sehingga dicari bulan terbaik untuk memulai pengoperasian dan didapatkan Bulan September.

## 6.2. Saran

1. Apabila hasil dari analisis tugas akhir ini ingin diterapkan pada wilayah studi, maka perlu ditinjau ulang mengenai ketersediaan air (*inflow*), karena pada perhitungan *inflow* memakai penelusuran debit metode F.J. Mock, sedangkan bila menggunakan debit histori dapat lebih akurat

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2016. **Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana**. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Pengembangan Air Minum, Dirjen Cipta Karya. 2007. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum**. Jakarta.
- Doorenbos J. dan Pruitt W.O. 1977. **Crop Water Requirements**. Rome: FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations).
- Febrian, E.S. Gatot, P.W. Endro. 2016. **Simulasi Waduk Sukaraja III, Kecamatan Margatiga, Kabupaten Lampung Timur**.
- KP-01. 1986. **Standar Perencanaan Irigasi**. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Linsey, R.K.; Franzini, J.B., Sasongko, D. 1996. **Teknik Sumber Daya Air (Terjemahan)**. Jakarta: Erlangga.
- Nuramini, Tika Morena. 2017. **“Studi Optimasi Pola Pengoperasian Waduk Bajulmati.”**
- Syaifullah, Djazim. 2014. **Validasi Data TRMM Terhadap Data Curah Hujan Aktual di Tiga DAS di Indonesia**. Jakarta: UPT Hujan Buatan BPPT.
- Wilson E.M. 1990. **Hidrologi Teknik (Terjemahan)**. Bandung: Penerbit ITB.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **LAMPIRAN**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran A 1 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Metode Penman

No.	Parameter	Satuan	Bulan											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
<b>I.</b>	<b>Data</b>													
1	Suhu Kering, T	(°C)	24.65	24.72	23.64	23.98	23.79	22.62	22.61	22.46	23.17	24.24	24.36	24.01
2	Kelembaban Relatip, RH	(%)	90.67	90.78	92.30	92.74	91.05	93.07	89.85	91.21	87.52	86.90	87.49	91.08
3	Lama Penyinaran, n/N	(%)	48.75	50.49	60.27	67.38	73.04	72.73	75.85	73.58	69.92	64.90	60.94	54.69
4	Suhu Basah, T	(°C)	1.17	1.15	0.96	0.91	1.12	0.87	1.22	1.08	1.45	1.14	1.45	1.12
5	Kecepatan angin, U	(km/hari)	85.18	102.72	88.08	75.36	76.20	80.40	92.18	135.82	125.76	109.99	106.99	67.06
		(m/detik)	0.99	1.19	1.02	0.87	0.88	0.93	1.07	1.57	1.46	1.27	1.24	0.78
		(km/jam)	3.55	4.28	3.67	3.14	3.18	3.35	3.84	5.66	5.24	4.58	4.46	2.79
<b>II.</b>	<b>Perhitungan</b>													
6	Tekanan uap jenuh, ea	(mbar)	31.04	31.17	29.19	29.77	29.45	27.45	27.43	27.18	28.39	30.25	30.48	29.81
7	Tekanan uap nyata, ed	(mbar)	28.05	26.92	27.39	27.53	27.00	24.41	24.65	24.79	26.18	26.96	26.17	27.01
8	Perbedaan tekanan uap, ea-ed	(mbar)	2.99	4.25	1.80	2.23	2.44	3.05	2.79	2.39	2.21	3.29	4.31	2.80
9	Fungsi angin, f(u)		0.32	0.26	0.31	0.36	0.35	0.34	0.29	0.20	0.21	0.25	0.25	0.40
10	Faktor Pembobot (1-W)		0.26	0.26	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.27	0.27	0.27
11	Radiasi ekstra terestrial, Ra	(mm/hari)	16.04	16.08	15.52	14.46	13.16	12.48	12.78	13.76	14.92	15.78	15.78	15.94
12	Radiasi matahari, Rs	(mm/hari)	7.92	8.08	8.56	8.49	8.10	7.66	8.04	8.50	8.95	9.07	8.75	8.34
13	Radiasi bersih gelombang pendek, Rns	(mm/hari)	5.94	6.06	6.42	6.36	6.07	5.74	6.03	6.38	6.71	6.80	6.56	6.26
14	Radiasi bersih gelombang panjang, Rnl	(mm/hari)	0.93	0.99	1.12	1.20	1.35	1.30	1.43	1.38	1.33	1.22	1.21	1.06
15	Radiasi penyinaran matahari bersih, Rn	(mm/hari)	5.01	5.07	5.30	5.16	4.73	4.44	4.60	5.00	5.38	5.58	5.36	5.20
16	Faktor Pembobot untuk Rn, W		0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.71	0.71	0.73	0.73	0.73
17	Faktor Koreksi, c		0.83	0.83	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.83	0.84	0.83	0.85
18	<b>Potensial Evapotranspirasi, ETo</b>	(mm/hari)	3.30	3.35	3.37	3.35	3.06	2.87	2.91	3.00	3.27	3.59	3.50	3.46



Lampiran B 1 Data Hujan Hasil Plot Data TRMM

Prosentase Luas		0.174	0.443	0.383	R rata"
Segmen		Atas	Tengah	Bawah	
1998	Jan	200.8	192.8	184.0	190.8
	Feb	434.0	426.0	417.1	424.0
	Mar	418.2	410.2	401.3	408.2
	Apr	346.0	338.0	329.1	336.0
	May	59.8	51.8	42.9	49.8
	Jun	183.1	175.1	166.3	173.1
	Jul	185.6	177.6	168.7	175.6
	Aug	33.9	25.9	17.0	23.9
	Sep	58.9	50.9	42.0	48.9
	Oct	238.8	230.8	221.9	228.8
	Nov	283.2	275.2	266.3	273.2
	Dec	385.5	377.5	368.7	375.5
1999	Jan	284.4	276.4	267.6	274.4
	Feb	279.4	271.4	262.6	269.4
	Mar	379.8	371.8	362.9	369.8
	Apr	264.3	256.3	247.5	254.3
	May	38.5	30.5	21.6	28.5
	Jun	43.1	35.1	26.3	33.1
	Jul	65.0	57.0	48.1	55.0
	Aug	29.0	21.0	12.2	19.0
	Sep	32.5	24.5	15.6	22.5
	Oct	166.7	158.7	149.8	156.7
	Nov	340.4	332.4	323.5	330.4
	Dec	264.2	256.2	247.4	254.2
2000	Jan	450.9	442.9	434.0	440.9
	Feb	471.3	463.3	454.4	461.3
	Mar	368.1	360.1	351.3	358.1
	Apr	328.0	320.0	311.1	318.0
	May	213.5	205.5	196.6	203.5
	Jun	62.4	54.4	45.5	52.4
	Jul	48.5	40.5	31.7	38.5
	Aug	36.3	28.3	19.4	26.3
	Sep	42.7	34.7	25.9	32.7
	Oct	224.1	216.1	207.2	214.1
	Nov	320.6	312.6	303.7	310.6
	Dec	302.7	294.7	285.8	292.7
2001	Jan	298.0	290.0	281.1	288.0
	Feb	283.9	275.9	267.1	273.9
	Mar	483.0	475.0	466.2	473.0
	Apr	329.6	321.6	312.8	319.6
	May	168.5	160.5	151.7	158.5
	Jun	155.2	147.2	138.4	145.2
	Jul	102.3	94.3	85.4	92.3
	Aug	21.3	13.3	4.4	11.3
	Sep	86.6	78.6	69.7	76.6
	Oct	210.1	202.1	193.2	200.1
	Nov	249.6	241.6	232.7	239.6
	Dec	215.0	207.0	198.2	205.0

Prosentase Luas		0.174	0.443	0.383	R rata"
Segmen		Atas	Tengah	Bawah	
2002	Jan	344.9	336.9	328.1	334.9
	Feb	345.3	337.3	328.5	335.3
	Mar	386.4	378.4	369.6	376.4
	Apr	180.7	172.7	163.8	170.7
	May	128.8	120.8	111.9	118.8
	Jun	25.2	17.2	8.3	15.2
	Jul	40.3	32.3	23.4	30.3
	Aug	25.5	17.5	8.7	15.5
	Sep	12.3	4.3	-4.5	2.3
	Oct	59.4	51.4	42.5	49.4
	Nov	257.2	249.2	240.4	247.2
	Dec	290.0	282.0	273.2	280.0
2003	Jan	383.3	375.3	366.4	373.3
	Feb	380.7	372.7	363.8	370.7
	Mar	341.2	333.2	324.4	331.2
	Apr	185.9	177.9	169.0	175.9
	May	87.8	79.8	70.9	77.8
	Jun	30.8	22.8	14.0	20.8
	Jul	51.3	43.3	34.4	41.3
	Aug	23.4	15.4	6.5	13.4
	Sep	40.2	32.2	23.3	30.2
	Oct	187.6	179.6	170.8	177.6
	Nov	305.0	297.0	288.1	295.0
	Dec	344.4	336.4	327.5	334.4
2004	Jan	327.6	319.6	310.7	317.6
	Feb	312.5	304.5	295.6	302.5
	Mar	403.8	395.8	386.9	393.8
	Apr	106.3	98.3	89.4	96.3
	May	85.2	77.2	68.3	75.2
	Jun	62.1	54.1	45.2	52.1
	Jul	133.2	125.2	116.3	123.2
	Aug	21.6	13.6	4.8	11.6
	Sep	32.6	24.6	15.7	22.6
	Oct	39.3	31.3	22.4	29.3
	Nov	423.9	415.9	407.0	413.9
	Dec	328.0	320.0	311.1	318.0
2005	Jan	268.4	260.4	251.5	258.4
	Feb	311.4	303.4	294.5	301.4
	Mar	375.4	367.4	358.6	365.4
	Apr	224.9	216.9	208.1	214.9
	May	113.0	105.0	96.1	103.0
	Jun	208.1	200.1	191.3	198.1
	Jul	104.6	96.6	87.7	94.6
	Aug	47.0	39.0	30.1	37.0
	Sep	91.5	83.5	74.6	81.5
	Oct	148.8	140.8	132.0	138.8
	Nov	209.5	201.5	192.6	199.5
	Dec	365.2	357.2	348.4	355.2

Prosentase Luas		0.174	0.443	0.383	R rata"
Segmen		Atas	Tengah	Bawah	
2006	Jan	475.8	467.8	458.9	465.8
	Feb	284.8	276.8	267.9	274.8
	Mar	371.1	363.1	354.3	361.1
	Apr	317.2	309.2	300.3	307.2
	May	261.3	253.3	244.4	251.3
	Jun	29.5	21.5	12.6	19.5
	Jul	34.3	26.3	17.4	24.3
	Aug	25.5	17.5	8.7	15.5
	Sep	26.7	18.7	9.9	16.7
	Oct	54.8	46.8	38.0	44.8
	Nov	140.9	132.9	124.1	130.9
	Dec	323.0	315.0	306.2	313.0
2007	Jan	214.0	206.0	197.1	204.0
	Feb	373.1	365.1	356.3	363.1
	Mar	358.4	350.4	341.5	348.4
	Apr	268.3	260.3	251.5	258.3
	May	146.2	138.2	129.3	136.2
	Jun	83.5	75.5	66.7	73.5
	Jul	34.1	26.1	17.3	24.1
	Aug	33.9	25.9	17.1	23.9
	Sep	30.1	22.1	13.3	20.1
	Oct	163.3	155.3	146.4	153.3
	Nov	304.8	296.8	288.0	294.8
	Dec	452.7	444.7	435.9	442.7
2008	Jan	229.9	221.9	213.1	219.9
	Feb	438.2	430.2	421.3	428.2
	Mar	472.5	464.5	455.6	462.5
	Apr	164.8	156.8	147.9	154.8
	May	88.7	80.7	71.8	78.7
	Jun	39.3	31.3	22.5	29.3
	Jul	37.1	29.1	20.2	27.1
	Aug	45.5	37.5	28.6	35.5
	Sep	48.9	40.9	32.0	38.9
	Oct	233.7	225.7	216.8	223.7
	Nov	384.1	376.1	367.2	374.1
	Dec	325.4	317.4	308.5	315.4
2009	Jan	397.8	389.8	380.9	387.8
	Feb	462.8	454.8	445.9	452.8
	Mar	273.1	265.1	256.2	263.1
	Apr	304.1	296.1	287.3	294.1
	May	259.9	251.9	243.1	249.9
	Jun	75.2	67.2	58.3	65.2
	Jul	48.9	40.9	32.1	38.9
	Aug	24.7	16.7	7.8	14.7
	Sep	44.9	36.9	28.1	34.9
	Oct	104.4	96.4	87.5	94.4
	Nov	263.8	255.8	246.9	253.8
	Dec	288.6	280.6	271.7	278.6

## Lampiran B 2 Data Hujan Hasil Plot Data TRMM

Prosentase Luas	0.174	0.443	0.383	R rata"	
	Segmen	Atas	Tengah		Bawah
2010	Jan	392.4	384.4	375.6	382.4
	Feb	365.1	357.1	348.3	355.1
	Mar	502.7	494.7	485.9	492.7
	Apr	335.3	327.3	318.4	325.3
	May	354.1	346.1	337.3	344.1
	Jun	157.0	149.0	140.1	147.0
	Jul	126.3	118.3	109.5	116.3
	Aug	106.9	98.9	90.1	96.9
	Sep	229.7	221.7	212.9	219.7
	Oct	291.1	283.1	274.2	281.1
	Nov	244.3	236.3	227.4	234.3
	Dec	403.6	395.6	386.7	393.6
2011	Jan	276.3	268.3	259.4	266.3
	Feb	244.8	236.8	228.0	234.8
	Mar	410.3	402.3	393.5	400.3
	Apr	369.2	361.2	352.3	359.2
	May	221.1	213.1	204.3	211.1
	Jun	37.2	29.2	20.4	27.2
	Jul	62.4	54.4	45.5	52.4
	Aug	21.6	13.6	4.8	11.6
	Sep	50.7	42.7	33.8	40.7
	Oct	86.3	78.3	69.5	76.3
	Nov	381.4	373.4	364.5	371.4
	Dec	355.2	347.2	338.3	345.2
2012	Jan	426.2	418.2	409.3	416.2
	Feb	312.5	304.5	295.7	302.5
	Mar	331.2	323.2	314.4	321.2
	Apr	202.7	194.7	185.9	192.7
	May	126.6	118.6	109.7	116.6
	Jun	44.4	36.4	27.5	34.4
	Jul	27.1	19.1	10.3	17.1
	Aug	22.1	14.1	5.3	12.1
	Sep	30.0	22.0	13.1	20.0
	Oct	140.2	132.2	123.4	130.2
	Nov	290.8	282.8	273.9	280.8
	Dec	354.3	346.3	337.5	344.3

Prosentase Luas	0.174	0.443	0.383	R rata"	
	Segmen	Atas	Tengah		Bawah
2013	Jan	522.3	514.3	505.4	512.3
	Feb	393.8	385.8	376.9	383.8
	Mar	389.2	381.2	372.4	379.2
	Apr	308.6	300.6	291.7	298.6
	May	245.4	237.4	228.5	235.4
	Jun	253.3	245.3	236.4	243.3
	Jul	131.1	123.1	114.2	121.1
	Aug	46.3	38.3	29.5	36.3
	Sep	42.4	34.4	25.6	32.4
	Oct	83.2	75.2	66.4	73.2
	Nov	230.5	222.5	213.7	220.5
	Dec	360.0	352.0	343.2	350.0
2014	Jan	449.6	441.6	432.7	439.6
	Feb	297.8	289.8	281.0	287.8
	Mar	389.9	381.9	373.1	379.9
	Apr	240.4	232.4	223.5	230.4
	May	129.8	121.8	112.9	119.8
	Jun	123.9	115.9	107.0	113.9
	Jul	92.9	84.9	76.0	82.9
	Aug	28.9	20.9	12.1	18.9
	Sep	25.7	17.7	8.8	15.7
	Oct	42.2	34.2	25.4	32.2
	Nov	261.2	253.2	244.3	251.2
	Dec	368.4	360.4	351.6	358.4
2015	Jan	343.9	335.9	327.0	333.9
	Feb	364.2	356.2	347.4	354.2
	Mar	443.7	435.7	426.8	433.7
	Apr	289.4	281.4	272.6	279.4
	May	141.1	133.1	124.2	131.1
	Jun	28.4	20.4	11.5	18.4
	Jul	25.8	17.8	8.9	15.8
	Aug	25.5	17.5	8.6	15.5
	Sep	16.2	8.2	-0.6	6.2
	Oct	45.6	37.6	28.8	35.6
	Nov	246.9	238.9	230.0	236.9
	Dec	272.9	264.9	256.0	262.9

Prosentase Luas	0.174	0.443	0.383	R rata"	
	Segmen	Atas	Tengah		Bawah
2016	Jan	241.0	233.0	224.1	231.0
	Feb	434.6	426.6	417.8	424.6
	Mar	302.1	294.1	285.3	292.1
	Apr	292.5	284.5	275.6	282.5
	May	273.3	265.3	256.4	263.3
	Jun	148.3	140.3	131.5	138.3
	Jul	143.6	135.6	126.8	133.6
	Aug	115.0	107.0	98.1	105.0
	Sep	300.4	292.4	283.5	290.4
	Oct	291.5	283.5	274.7	281.5
	Nov	303.2	295.2	286.4	293.2
	Dec	250.3	242.3	233.4	240.3
2017	Jan	312.7	304.7	295.8	302.7
	Feb	341.3	333.3	324.4	331.3
	Mar	308.8	300.8	291.9	298.8
	Apr	288.8	280.8	271.9	278.8
	May	135.5	127.5	118.7	125.5
	Jun	85.8	77.8	69.0	75.8
	Jul	53.0	45.0	36.1	43.0
	Aug	20.6	12.6	3.7	10.6
	Sep	89.5	81.5	72.7	79.5
	Oct	192.1	184.1	175.2	182.1
	Nov	415.4	407.4	398.6	405.4
	Dec	239.7	231.7	222.9	229.7
2018	Jan	356.0	348.0	339.2	346.0
	Feb	465.1	457.1	448.2	455.1
	Mar	273.3	265.3	256.4	263.3
	Apr	164.5	156.5	147.6	154.5
	May	39.0	31.0	22.2	29.0
	Jun	46.5	38.5	29.7	36.5
	Jul	23.5	15.5	6.6	13.5
	Aug	33.4	25.4	16.5	23.4
	Sep	22.7	14.7	5.8	12.7
	Oct	81.6	73.6	64.8	71.6
	Nov	311.9	303.9	295.0	301.9
	Dec	271.0	263.0	254.1	261.0

## Lampiran C 1 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 1998

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	190.8	424.0	408.2	336.0	49.8	173.1	175.6	23.9	48.9	228.8	273.2	375.5
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	Eto - Et	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	R - Ea	mm/bulan	96.2	323.5	303.6	250.5	-29.5	101.3	103.0	-44.0	-22.7	147.5	196.5	284.3
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	(9) - (8)	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	0.0	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	96.2	323.5	303.6	250.5	0.0	101.3	103.0	0.0	0.0	147.5	196.5	284.3
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	WS x i	mm/bulan	38.5	129.4	121.5	100.2	0.0	40.5	41.2	0.0	0.0	59.0	78.6	113.7
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			34.4	115.7	108.6	89.6	0.0	36.2	36.9	0.0	0.0	52.8	70.3	101.7
15	$k \times V(n-1)$			157.8	76.9	77.0	74.3	65.6	26.2	25.0	24.7	9.9	4.0	22.7	37.2
16	Volume Penyimpanan (Vn)	(14) + (15)	mm/bulan	192.2	192.6	185.7	163.9	65.6	62.5	61.8	24.7	9.9	56.7	93.0	138.9
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	Vn - V(n-1)	mm/bulan	-7.8	0.4	-6.9	0.0	0.0	0.0	-0.6	-37.1	-14.8	46.8	36.3	45.9
18	Aliran Dasar (Base Flow)	(13) - (17)	mm/bulan	46.3	129.0	128.4	100.2	0.0	40.5	41.8	37.1	14.8	12.2	42.3	67.8
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	(11) - (13)	mm/bulan	57.7	194.1	182.2	150.3	0.0	60.8	61.8	0.0	0.0	88.5	117.9	170.6
20	Aliran Aktual (Run Off)	(18) + (19)	mm/bulan	104.0	323.1	310.6	250.5	0.0	101.3	103.6	37.1	14.8	100.7	160.2	238.3
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	A x (20)	m <sup>3</sup> /dt	4.418	14.183	13.195	10.997	0.000	4.446	4.402	1.576	0.652	4.277	7.034	10.127

## Lampiran C 2 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 1999

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	274.4	269.4	369.8	254.3	28.5	33.1	55.0	19.0	22.5	156.7	330.4	254.2
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	Eto - Et	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	179.8	168.9	265.2	168.8	-50.8	-38.8	-17.6	-48.8	-49.1	75.4	253.7	162.9
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	179.8	168.9	265.2	168.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.9	253.7	162.9
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	71.9	67.6	106.1	67.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	78.4	101.5	65.2
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			64.3	60.4	94.9	60.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.1	90.8	58.3
15	$k \times V(n-1)$			109.6	69.6	52.0	58.8	47.7	19.1	7.6	3.1	1.2	0.5	28.2	47.6
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	173.9	130.0	146.9	119.2	47.7	19.1	7.6	3.1	1.2	70.6	119.0	105.9
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	35.0	-43.9	16.9	-27.7	-71.5	-28.6	-11.4	-4.6	-1.8	69.4	48.4	-13.1
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	$(13) - (17)$	mm/bulan	36.9	111.5	89.2	95.3	71.5	28.6	11.4	4.6	1.8	9.0	53.1	78.3
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	$(11) - (13)$	mm/bulan	107.9	101.4	159.1	101.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	117.6	152.2	97.8
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	$(18) + (19)$	mm/bulan	144.8	212.8	248.3	196.6	71.5	28.6	11.4	4.6	1.8	126.6	205.3	176.1
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	6.151	9.344	10.551	8.630	3.038	1.256	0.486	0.194	0.080	5.378	9.013	7.480

## Lampiran C 3 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2000

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	440.9	461.3	358.1	318.0	203.5	52.4	38.5	26.3	32.7	214.1	310.6	292.7
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	346.3	360.8	253.6	232.5	124.2	-19.5	-34.1	-41.6	-38.9	132.8	233.9	201.4
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	346.3	360.8	253.6	232.5	124.2	0.0	0.0	0.0	0.0	253.4	233.9	201.4
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	138.5	144.3	101.4	93.0	49.7	0.0	0.0	0.0	0.0	101.3	93.5	80.6
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			123.9	129.1	90.7	83.2	44.4	0.0	0.0	0.0	0.0	90.7	83.7	72.1
15	$k \times V(n-1)$			83.6	83.0	84.8	70.2	61.4	42.3	16.9	6.8	2.7	1.1	36.7	48.1
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	207.5	212.1	175.6	153.4	105.8	42.3	16.9	6.8	2.7	91.7	120.4	120.2
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	101.5	4.6	-36.5	-22.2	-47.6	-63.5	-25.4	-10.2	-4.1	89.0	28.6	-0.2
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	37.0	139.7	137.9	115.1	97.3	63.5	25.4	10.2	4.1	12.3	64.9	80.7
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	207.8	216.5	152.2	139.5	74.5	0.0	0.0	0.0	0.0	152.0	140.3	120.8
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	244.7	356.2	290.1	254.6	171.8	63.5	25.4	10.2	4.1	164.3	205.2	201.6
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	10.397	15.637	12.326	11.180	7.299	2.787	1.079	0.432	0.178	6.982	9.011	8.564

## Lampiran C 4 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2001

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan													
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	193.3	173.4	368.5	234.1	79.3	73.4	19.7	-56.6	5.0	118.8	162.9	113.8
6	Ea	Eto - Et	mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	R - Ea	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	193.3	173.4	368.5	234.1	79.3	73.4	19.7	0.0	0.0	239.4	162.9	113.8
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan												
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	(9) - (8)	mm/bulan	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	77.3	69.4	147.4	93.7	31.7	29.4	7.9	0.0	0.0	95.8	65.2	45.5
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			94.8	65.6	51.1	73.2	62.8	36.5	25.1	12.9	5.1	2.1	35.1	37.3
13	Infiltrasi (I)	WS x i	mm/bulan	164.0	127.7	182.9	156.9	91.1	62.7	32.1	12.9	5.1	87.7	93.4	78.1
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			43.8	-36.4	55.3	-26.0	-65.8	-28.4	-30.6	-19.3	-7.7	82.6	5.7	-15.3
15	$k \times V(n-1)$			33.5	105.7	92.1	119.6	97.5	57.8	38.5	19.3	7.7	13.2	59.5	60.8
16	Volume Penyimpanan (Vn)	(14) + (15)	mm/bulan	116.0	104.0	221.1	140.5	47.6	44.0	11.8	0.0	0.0	143.6	97.7	68.3
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	149.5	209.8	313.2	260.1	145.1	101.8	50.3	19.3	7.7	156.8	157.2	129.1
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	(13) - (17)	mm/bulan												
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	(11) - (13)	mm/bulan	6.353	9.210	13.309	11.420	6.164	4.470	2.136	0.819	0.339	6.663	6.903	5.484
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	(18) + (19)	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	A x (20)	m <sup>3</sup> /dt	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11

## Lampiran C 5 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2002

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	334.9	335.3	376.4	170.7	118.8	15.2	30.3	15.5	2.3	49.4	247.2	280.0
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	Eto - Et	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	R - Ea	mm/bulan	240.3	234.8	271.9	85.2	39.5	-56.7	-42.3	-52.3	-69.3	-31.9	170.5	188.8
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	(9) - (8)	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	240.3	234.8	271.9	85.2	39.5	0.0	0.0	0.0	0.0	88.6	170.5	188.8
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	WS x i	mm/bulan	96.1	93.9	108.8	34.1	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	35.5	68.2	75.5
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			86.0	84.0	97.3	30.5	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	31.7	61.0	67.5
15	$k \times V(n-1)$			61.6	59.0	57.2	61.8	36.9	20.4	8.2	3.3	1.3	0.5	12.9	29.6
16	Volume Penyimpanan (Vn)	(14) + (15)	mm/bulan	147.6	143.0	154.5	92.3	51.1	20.4	8.2	3.3	1.3	32.2	73.9	97.1
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	Vn - V(n-1)	mm/bulan	69.5	-4.5	11.5	-62.2	-41.2	-30.6	-12.3	-4.9	-2.0	30.9	41.7	23.2
18	Aliran Dasar (Base Flow)	(13) - (17)	mm/bulan	26.6	98.4	97.3	96.3	57.0	30.6	12.3	4.9	2.0	4.5	26.5	52.3
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	(11) - (13)	mm/bulan	144.2	140.9	163.1	51.1	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0	53.2	102.3	113.3
20	Aliran Aktual (Run Off)	(18) + (19)	mm/bulan	170.8	239.3	260.4	147.4	80.8	30.6	12.3	4.9	2.0	57.7	128.9	165.6
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	A x (20)	m <sup>3</sup> /dt	7.256	10.507	11.065	6.472	3.431	1.345	0.521	0.208	0.086	2.452	5.657	7.035

## Lampiran C 6 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2003

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	373.3	370.7	331.2	175.9	77.8	20.8	41.3	13.4	30.2	177.6	295.0	334.4
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	278.6	270.2	226.7	90.4	-1.5	-51.0	-31.3	-54.5	-41.4	96.3	218.2	243.1
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	278.6	270.2	226.7	90.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	216.9	218.2	243.1
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	111.5	108.1	90.7	36.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	86.8	87.3	97.3
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			99.7	96.7	81.1	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.6	78.1	87.0
15	$k \times V(n-1)$			76.6	70.5	66.9	59.2	36.6	14.6	5.9	2.3	0.9	0.4	31.2	43.7
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	176.3	167.2	148.0	91.5	36.6	14.6	5.9	2.3	0.9	78.0	109.3	130.7
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	79.2	-9.1	-19.2	-56.5	-54.9	-22.0	-8.8	-3.5	-1.4	77.0	31.3	21.4
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	$(13) - (17)$	mm/bulan	32.2	117.2	109.9	92.6	54.9	22.0	8.8	3.5	1.4	9.7	56.0	75.8
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	$(11) - (13)$	mm/bulan	167.2	162.1	136.0	54.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	130.1	130.9	145.9
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	$(18) + (19)$	mm/bulan	199.4	279.3	245.9	146.8	54.9	22.0	8.8	3.5	1.4	139.9	186.9	221.7
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	8.473	12.262	10.448	6.447	2.333	0.965	0.373	0.149	0.062	5.942	8.208	9.420



## Lampiran C 7 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2004

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	317.6	302.5	393.8	96.3	75.2	52.1	123.2	11.6	22.6	29.3	413.9	318.0
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	Eto - Et	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	222.9	202.0	289.3	10.8	-4.1	-19.8	50.6	-56.2	-49.0	-52.0	337.2	226.7
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	222.9	202.0	289.3	10.8	0.0	0.0	50.6	0.0	0.0	68.6	337.2	226.7
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	89.2	80.8	115.7	4.3	0.0	0.0	20.2	0.0	0.0	27.4	134.9	90.7
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			79.8	72.3	103.5	3.9	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0	24.5	120.6	81.1
15	$k \times V(n-1)$			103.1	73.2	58.2	64.7	27.4	11.0	4.4	9.0	3.6	1.4	10.4	52.4
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	182.9	145.4	161.7	68.5	27.4	11.0	22.5	9.0	3.6	26.0	131.0	133.5
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	52.2	-37.5	16.2	-93.1	-41.1	-16.4	11.5	-13.5	-5.4	22.4	105.1	2.5
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	37.0	118.3	99.5	97.5	41.1	16.4	8.7	13.5	5.4	5.1	29.8	88.2
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	133.8	121.2	173.6	6.5	0.0	0.0	30.4	0.0	0.0	41.1	202.3	136.0
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	170.7	239.4	273.0	103.9	41.1	16.4	39.1	13.5	5.4	46.2	232.1	224.2
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	7.255	10.512	11.600	4.562	1.747	0.722	1.660	0.573	0.237	1.963	10.191	9.527

## Lampiran C 8 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2005

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	258.4	301.4	365.4	214.9	103.0	198.1	94.6	37.0	81.5	138.8	199.5	355.2
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	163.8	200.9	260.9	129.5	23.7	126.2	22.0	-30.9	9.9	57.5	122.8	264.0
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	163.8	200.9	260.9	129.5	23.7	126.2	22.0	0.0	0.0	178.1	122.8	264.0
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	65.5	80.3	104.4	51.8	9.5	50.5	8.8	0.0	0.0	71.2	49.1	105.6
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			58.6	71.9	93.3	46.3	8.5	45.2	7.9	0.0	0.0	63.7	43.9	94.4
15	$k \times V(n-1)$			105.4	65.6	55.0	59.3	42.3	20.3	26.2	13.6	5.4	2.2	26.4	28.1
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	164.0	137.5	148.3	105.7	50.7	65.5	34.1	13.6	5.4	65.9	70.3	122.6
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	30.4	-26.5	10.9	-42.7	-54.9	14.7	-31.4	-20.4	-8.2	60.5	4.4	52.3
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	35.1	106.9	93.5	94.5	64.4	35.8	40.2	20.4	8.2	10.8	44.7	53.3
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	98.3	120.5	156.5	77.7	14.2	75.7	13.2	0.0	0.0	106.9	73.7	158.4
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	133.3	227.4	250.0	172.1	78.6	111.5	53.4	20.4	8.2	117.7	118.4	211.7
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	5.666	9.983	10.623	7.558	3.340	4.896	2.269	0.868	0.359	4.999	5.198	8.994

## Lampiran C 9 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2006

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	465.8	274.8	361.1	307.2	251.3	19.5	24.3	15.5	16.7	44.8	130.9	313.0
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	371.2	174.3	256.6	221.7	172.0	-52.4	-48.3	-52.3	-54.9	-36.4	54.2	221.8
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	371.2	174.3	256.6	221.7	172.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.1	54.2	221.8
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	148.5	69.7	102.6	88.7	68.8	0.0	0.0	0.0	0.0	33.7	21.7	88.7
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			132.8	62.4	91.8	79.3	61.5	0.0	0.0	0.0	0.0	30.1	19.4	79.3
15	$k \times V(n-1)$			96.7	91.8	61.7	61.4	56.3	47.1	18.9	7.5	3.0	1.2	12.5	12.8
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	229.5	154.2	153.5	140.7	117.8	47.1	18.9	7.5	3.0	31.3	31.9	92.1
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	106.9	-75.3	-0.7	-12.8	-22.9	-70.7	-28.3	-11.3	-4.5	28.3	0.6	60.2
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	$(13) - (17)$	mm/bulan	41.5	145.1	103.3	101.4	91.7	70.7	28.3	11.3	4.5	5.4	21.1	28.5
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	$(11) - (13)$	mm/bulan	222.7	104.6	154.0	133.0	103.2	0.0	0.0	0.0	0.0	50.5	32.5	133.1
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	$(18) + (19)$	mm/bulan	264.2	249.6	257.3	234.4	194.9	70.7	28.3	11.3	4.5	55.8	53.6	161.6
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	11.227	10.960	10.931	10.293	8.280	3.104	1.201	0.481	0.199	2.372	2.353	6.865

## Lampiran C 10 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2007

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	204.0	363.1	348.4	258.3	136.2	73.5	24.1	23.9	20.1	153.3	294.8	442.7
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	Eto - Et	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	R - Ea	mm/bulan	109.4	262.6	243.9	172.9	56.9	1.7	-48.5	-44.0	-51.5	72.0	218.1	351.5
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	(9) - (8)	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	109.4	262.6	243.9	172.9	56.9	1.7	0.0	0.0	0.0	192.6	218.1	351.5
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	WS x i	mm/bulan	43.7	105.0	97.5	69.1	22.8	0.7	0.0	0.0	0.0	77.0	87.3	140.6
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			39.1	94.0	87.3	61.9	20.4	0.6	0.0	0.0	0.0	68.9	78.0	125.8
15	$k \times V(n-1)$			72.7	44.7	55.5	57.1	47.6	27.2	11.1	4.4	1.8	0.7	27.8	42.4
16	Volume Penyimpanan (Vn)	(14) + (15)	mm/bulan	111.8	138.7	142.7	118.9	67.9	27.8	11.1	4.4	1.8	69.6	105.9	168.1
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	19.7	26.9	4.0	-23.8	-51.0	-40.2	-16.7	-6.7	-2.7	67.8	36.3	62.2
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	(13) - (17)	mm/bulan	24.1	78.2	93.5	92.9	73.8	40.8	16.7	6.7	2.7	9.2	51.0	78.4
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	(11) - (13)	mm/bulan	65.6	157.6	146.3	103.7	34.2	1.0	0.0	0.0	0.0	115.5	130.9	210.9
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	(18) + (19)	mm/bulan	89.7	235.7	239.8	196.6	107.9	41.8	16.7	6.7	2.7	124.7	181.8	289.2
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	A x (20)	m <sup>3</sup> /dt	3.810	10.350	10.189	8.634	4.585	1.837	0.708	0.283	0.117	5.299	7.984	12.289

## Lampiran C 11 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2008

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	219.9	428.2	462.5	154.8	78.7	29.3	27.1	35.5	38.9	223.7	374.1	315.4
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	Eto - Et	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	R - Ea	mm/bulan	125.3	327.7	358.0	69.3	-0.6	-42.6	-45.5	-32.4	-32.7	142.4	297.4	224.1
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	(9) - (8)	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	125.3	327.7	358.0	69.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	263.0	297.4	224.1
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	WS x i	mm/bulan	50.1	131.1	143.2	27.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	105.2	119.0	89.6
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			44.8	117.2	128.1	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	94.1	106.4	80.2
15	$k \times V(n-1)$			132.6	71.0	75.3	81.3	42.5	17.0	6.8	2.7	1.1	0.4	37.8	57.7
16	Volume Penyimpanan (Vn)	(14) + (15)	mm/bulan	177.5	188.2	203.4	106.2	42.5	17.0	6.8	2.7	1.1	94.5	144.2	137.9
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	9.4	10.8	15.1	-97.2	-63.7	-25.5	-10.2	-4.1	-1.6	93.4	49.7	-6.3
18	Aliran Dasar (Base Flow)	(13) - (17)	mm/bulan	40.8	120.3	128.0	124.9	63.7	25.5	10.2	4.1	1.6	11.7	69.3	96.0
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	(11) - (13)	mm/bulan	75.2	196.6	214.8	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	157.8	178.4	134.5
20	Aliran Aktual (Run Off)	(18) + (19)	mm/bulan	115.9	316.9	342.8	166.5	63.7	25.5	10.2	4.1	1.6	169.5	247.7	230.5
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	A x (20)	m <sup>3</sup> /dt	4.926	13.914	14.566	7.312	2.706	1.119	0.433	0.173	0.072	7.203	10.875	9.791

## Lampiran C 12 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2009

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	387.8	452.8	263.1	294.1	249.9	65.2	38.9	14.7	34.9	94.4	253.8	278.6
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	293.2	352.2	158.5	208.6	170.7	-6.7	-33.7	-53.2	-36.7	13.1	177.1	187.3
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	293.2	352.2	158.5	208.6	170.7	0.0	0.0	0.0	0.0	133.7	177.1	187.3
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	117.3	140.9	63.4	83.5	68.3	0.0	0.0	0.0	0.0	53.5	70.8	74.9
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			104.9	126.0	56.7	74.7	61.1	0.0	0.0	0.0	0.0	47.8	63.4	67.0
15	$k \times V(n-1)$			108.8	85.5	84.6	56.5	52.5	45.4	18.2	7.3	2.9	1.2	19.6	33.2
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	213.7	211.5	141.3	131.2	113.5	45.4	18.2	7.3	2.9	49.0	83.0	100.2
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	75.8	-2.2	-70.2	-10.1	-17.6	-68.1	-27.2	-10.9	-4.4	46.1	34.0	17.3
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	41.5	143.1	133.6	93.6	85.9	68.1	27.2	10.9	4.4	7.4	36.9	57.7
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	175.9	211.3	95.1	125.2	102.4	0.0	0.0	0.0	0.0	80.2	106.2	112.4
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	217.4	354.4	228.7	218.8	188.3	68.1	27.2	10.9	4.4	87.6	143.1	170.1
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	9.235	15.560	9.717	9.606	8.001	2.991	1.158	0.463	0.191	3.721	6.283	7.226

## Lampiran C 13 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2010

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	382.4	355.1	492.7	325.3	344.1	147.0	116.3	96.9	219.7	281.1	234.3	393.6
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	287.8	254.6	388.2	239.8	264.9	75.1	43.7	29.0	148.1	199.8	157.6	302.3
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	287.8	254.6	388.2	239.8	264.9	75.1	43.7	0.1	56.5	320.4	157.6	302.3
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	115.1	101.8	155.3	95.9	105.9	30.0	17.5	0.0	22.6	128.2	63.0	120.9
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			103.0	91.1	138.9	85.8	94.8	26.9	15.6	0.0	20.2	114.6	56.4	108.2
15	$k \times V(n-1)$			79.1	72.8	65.6	81.8	67.0	64.7	36.6	20.9	8.4	11.4	50.4	42.7
16	Volume Penyimpanan ( $V_n$ )	$(14) + (15)$	mm/bulan	182.0	163.9	204.5	167.6	161.8	91.6	52.3	21.0	28.6	126.1	106.8	150.9
17	Perubahan Volume ( $\Delta V_n$ )	$V_n - V(n-1)$	mm/bulan	81.8	-18.1	40.5	-36.9	-5.8	-70.2	-39.3	-31.3	7.6	97.5	-19.3	44.1
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	$(13) - (17)$	mm/bulan	33.3	120.0	114.7	132.8	111.7	100.2	56.8	31.4	15.0	30.7	82.3	76.8
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	$(11) - (13)$	mm/bulan	172.7	152.8	232.9	143.9	158.9	45.1	26.2	0.1	33.9	192.2	94.5	181.4
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	$(18) + (19)$	mm/bulan	206.0	272.7	347.6	276.7	270.6	145.3	83.0	31.4	48.9	222.9	176.8	258.2
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	8.751	11.974	14.771	12.148	11.499	6.380	3.528	1.336	2.145	9.471	7.764	10.971

## Lampiran C 14 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2011

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	266.3	234.8	400.3	359.2	211.1	27.2	52.4	11.6	40.7	76.3	371.4	345.2
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	171.7	134.3	295.8	273.7	131.9	-44.6	-20.2	-56.2	-30.9	-4.9	294.7	253.9
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	171.7	134.3	295.8	273.7	131.9	0.0	0.0	0.0	0.0	115.6	294.7	253.9
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	68.7	53.7	118.3	109.5	52.7	0.0	0.0	0.0	0.0	46.2	117.9	101.6
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			61.4	48.1	105.8	97.9	47.2	0.0	0.0	0.0	0.0	41.4	105.4	90.9
15	$k \times V(n-1)$			119.0	72.2	48.1	61.6	63.8	44.4	17.8	7.1	2.8	1.1	17.0	49.0
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	180.5	120.2	153.9	159.5	111.0	44.4	17.8	7.1	2.8	42.5	122.4	139.8
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	29.6	-60.2	33.7	5.6	-48.5	-66.6	-26.6	-10.7	-4.3	39.7	79.9	17.4
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	$(13) - (17)$	mm/bulan	39.1	114.0	84.6	103.9	101.3	66.6	26.6	10.7	4.3	6.6	37.9	84.2
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	$(11) - (13)$	mm/bulan	103.0	80.6	177.5	164.2	79.1	0.0	0.0	0.0	0.0	69.4	176.8	152.3
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	$(18) + (19)$	mm/bulan	142.1	194.5	262.1	268.1	180.4	66.6	26.6	10.7	4.3	76.0	214.7	236.5
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	6.037	8.541	11.136	11.772	7.664	2.923	1.132	0.453	0.187	3.227	9.428	10.050



## Lampiran C 15 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2012

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	416.2	302.5	321.2	192.7	116.6	34.4	17.1	12.1	20.0	130.2	280.8	344.3
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	321.5	202.0	216.7	107.3	37.3	-37.5	-55.5	-55.8	-51.6	48.9	204.1	253.1
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	321.5	202.0	216.7	107.3	37.3	0.0	0.0	0.0	0.0	169.5	204.1	253.1
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	128.6	80.8	86.7	42.9	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	67.8	81.6	101.2
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			115.0	72.3	77.5	38.4	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	60.7	73.0	90.5
15	$k \times V(n-1)$			110.3	90.1	65.0	57.0	38.2	20.6	8.2	3.3	1.3	0.5	24.5	39.0
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	225.4	162.4	142.5	95.4	51.5	20.6	8.2	3.3	1.3	61.2	97.5	129.5
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	85.5	-62.9	-19.9	-47.1	-43.9	-30.9	-12.4	-4.9	-2.0	59.9	36.3	32.1
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	43.1	143.7	106.6	90.0	58.8	30.9	12.4	4.9	2.0	7.9	45.3	69.2
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	192.9	121.2	130.0	64.4	22.4	0.0	0.0	0.0	0.0	101.7	122.4	151.8
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	236.0	265.0	236.6	154.4	81.2	30.9	12.4	4.9	2.0	109.7	167.8	221.0
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	10.027	11.633	10.054	6.778	3.449	1.356	0.525	0.210	0.087	4.659	7.365	9.390

## Lampiran C 16 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2013

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	512.3	383.8	379.2	298.6	235.4	243.3	121.1	36.3	32.4	73.2	220.5	350.0
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	417.7	283.3	274.7	213.1	156.1	171.4	48.5	-31.5	-39.2	-8.0	143.8	258.8
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	417.7	283.3	274.7	213.1	156.1	171.4	48.5	0.0	0.0	112.5	143.8	258.8
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	167.1	113.3	109.9	85.2	62.4	68.6	19.4	0.0	0.0	45.0	57.5	103.5
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			149.4	101.3	98.3	76.2	55.9	61.3	17.3	0.0	0.0	40.3	51.5	92.6
15	$k \times V(n-1)$			102.2	100.7	80.8	71.6	59.1	46.0	42.9	24.1	9.6	3.9	17.6	27.6
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	251.6	202.0	179.1	147.9	115.0	107.3	60.3	24.1	9.6	44.1	69.1	120.2
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	122.1	-49.6	-22.9	-31.2	-32.9	-7.7	-47.1	-36.2	-14.5	34.5	25.0	51.1
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	45.0	162.9	132.8	116.4	95.3	76.2	66.4	36.2	14.5	10.5	32.5	52.4
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	250.6	170.0	164.8	127.8	93.7	102.8	29.1	0.0	0.0	67.5	86.3	155.3
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	295.6	332.9	297.6	244.3	189.0	179.1	95.5	36.2	14.5	78.1	118.8	207.6
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	12.558	14.615	12.645	10.725	8.029	7.862	4.059	1.537	0.635	3.316	5.217	8.822

## Lampiran C 17 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2014

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	439.6	287.8	379.9	230.4	119.8	113.9	82.9	18.9	15.7	32.2	251.2	358.4
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	344.9	187.3	275.4	144.9	40.5	42.0	10.3	-48.9	-55.9	-49.1	174.5	267.1
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	344.9	187.3	275.4	144.9	40.5	42.0	10.3	0.0	0.0	71.5	174.5	267.1
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	138.0	74.9	110.1	58.0	16.2	16.8	4.1	0.0	0.0	28.6	69.8	106.9
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			123.4	67.0	98.5	51.9	14.5	15.0	3.7	0.0	0.0	25.6	62.4	95.6
15	$k \times V(n-1)$			94.9	87.3	61.7	64.1	46.4	24.4	15.8	7.8	3.1	1.2	10.7	29.3
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	218.3	154.3	160.3	116.0	60.9	39.4	19.4	7.8	3.1	26.8	73.2	124.8
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	98.1	-63.9	5.9	-44.3	-55.1	-21.5	-20.0	-11.7	-4.7	23.7	46.3	51.7
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	39.9	138.9	104.2	102.3	71.3	38.3	24.1	11.7	4.7	4.9	23.5	55.2
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	207.0	112.4	165.2	86.9	24.3	25.2	6.2	0.0	0.0	42.9	104.7	160.3
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	246.9	251.3	269.4	189.2	95.6	63.5	30.2	11.7	4.7	47.8	128.1	215.5
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	10.490	11.032	11.448	8.308	4.061	2.789	1.285	0.495	0.205	2.030	5.626	9.154

## Lampiran C 18 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2015

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	333.9	354.2	433.7	279.4	131.1	18.4	15.8	15.5	6.2	35.6	236.9	262.9
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	239.3	253.7	329.2	194.0	51.8	-53.5	-56.8	-52.4	-65.4	-45.7	160.1	171.6
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	239.3	253.7	329.2	194.0	51.8	0.0	0.0	0.0	0.0	74.9	160.1	171.6
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	95.7	101.5	131.7	77.6	20.7	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	64.1	68.6
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			85.6	90.8	117.8	69.4	18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	26.8	57.3	61.4
15	$k \times V(n-1)$			98.5	73.6	65.8	73.4	57.1	30.3	12.1	4.8	1.9	0.8	11.0	27.3
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	184.1	164.4	183.5	142.8	75.7	30.3	12.1	4.8	1.9	27.6	68.3	88.7
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	59.3	-19.7	19.1	-40.7	-67.1	-45.4	-18.2	-7.3	-2.9	25.6	40.8	20.4
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	$(13) - (17)$	mm/bulan	36.4	121.2	112.5	118.3	87.9	45.4	18.2	7.3	2.9	4.3	23.3	48.2
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	$(11) - (13)$	mm/bulan	143.6	152.2	197.5	116.4	31.1	0.0	0.0	0.0	0.0	44.9	96.1	103.0
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	$(18) + (19)$	mm/bulan	180.0	273.4	310.0	234.7	119.0	45.4	18.2	7.3	2.9	49.3	119.4	151.2
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	7.648	12.003	13.173	10.304	5.055	1.993	0.772	0.309	0.128	2.093	5.242	6.424

## Lampiran C 19 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2016

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	231.0	424.6	292.1	282.5	263.3	138.3	133.6	105.0	290.4	281.5	293.2	240.3
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	136.4	324.1	187.6	197.0	184.0	66.4	61.0	37.1	218.8	200.3	216.5	149.0
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	136.4	324.1	187.6	197.0	184.0	66.4	61.0	8.2	127.1	320.8	216.5	149.0
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	54.6	129.6	75.0	78.8	73.6	26.6	24.4	3.3	50.8	128.3	86.6	59.6
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			48.8	116.0	67.1	70.5	65.8	23.8	21.8	2.9	45.5	114.8	77.5	53.3
15	$k \times V(n-1)$			70.0	47.5	65.4	53.0	49.4	46.1	27.9	19.9	9.1	21.8	54.7	52.8
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	118.8	163.5	132.5	123.5	115.2	69.9	49.8	22.8	54.6	136.6	132.1	106.2
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	30.1	44.7	-31.0	-9.0	-8.3	-45.4	-20.1	-26.9	31.8	82.0	-4.5	-25.9
18	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> )	$(13) - (17)$	mm/bulan	24.5	85.0	106.0	87.8	81.9	71.9	44.5	30.2	19.1	46.3	91.1	85.6
19	Aliran Langsung ( <i>Direct Run Off</i> )	$(11) - (13)$	mm/bulan	81.8	194.5	112.6	118.2	110.4	39.9	36.6	4.9	76.3	192.5	129.9	89.4
20	Aliran Aktual ( <i>Run Off</i> )	$(18) + (19)$	mm/bulan	106.3	279.4	218.6	206.0	192.2	111.8	81.1	35.1	95.3	238.8	221.0	175.0
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	4.517	12.268	9.287	9.045	8.168	4.909	3.446	1.492	4.185	10.146	9.704	7.435

## Lampiran C 20 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2017

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	302.7	331.3	298.8	278.8	125.5	75.8	43.0	10.6	79.5	182.1	405.4	229.7
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	208.1	230.8	194.2	193.3	46.3	4.0	-29.6	-57.3	7.9	100.8	328.7	138.4
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	208.1	230.8	194.2	193.3	46.3	4.0	0.0	0.0	0.0	221.3	328.7	138.4
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	83.2	92.3	77.7	77.3	18.5	1.6	0.0	0.0	0.0	88.5	131.5	55.4
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			74.4	82.6	69.5	69.2	16.6	1.4	0.0	0.0	0.0	79.2	117.6	49.5
15	$k \times V(n-1)$			83.8	63.3	58.3	51.1	48.1	25.9	10.9	4.4	1.7	0.7	32.0	59.8
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	158.2	145.9	127.8	120.3	64.7	27.3	10.9	4.4	1.7	79.9	149.6	109.4
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	52.0	-12.4	-18.0	-7.5	-55.6	-37.4	-16.4	-6.5	-2.6	78.1	69.7	-40.2
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	31.2	104.7	95.7	84.9	74.1	39.0	16.4	6.5	2.6	10.4	61.8	95.6
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	124.8	138.5	116.5	116.0	27.8	2.4	0.0	0.0	0.0	132.8	197.2	83.1
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	156.0	243.1	212.3	200.8	101.9	41.3	16.4	6.5	2.6	143.2	259.0	178.7
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	6.629	10.674	9.018	8.818	4.329	1.815	0.696	0.278	0.115	6.084	11.373	7.591

## Lampiran C 21 Analisis Debit Metode F.J. Mock Tahun 2018

No.		Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Data Hujan Rata-rata Bulanan</b>															
1	Hujan Bulanan	data	mm/bulan	346.0	455.1	263.3	154.5	29.0	36.5	13.5	23.4	12.7	71.6	301.9	261.0
2	Jumlah Hari Hujan dalam Sebulan (n)	data	hari	13	18	18	8	7	7	5	0	0	0	0	8
<b>Perhitungan Evapotranspirasi</b>															
3	Evapotranspirasi Potensial (Eto)	perhitungan	mm/bulan	102.30	100.52	104.54	100.57	94.94	86.06	90.20	92.97	98.09	111.35	105.09	107.37
4	Lahan yang Terbuka (m)	ditentukan		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
5	Et	$(m/20) \times (18-n) \times Eto$	mm/bulan	7.67	0.00	0.00	15.09	15.67	14.20	17.59	25.10	26.48	30.06	28.37	16.11
6	Ea	$Eto - Et$	mm/bulan	94.63	100.52	104.54	85.48	79.28	71.86	72.61	67.87	71.61	81.29	76.71	91.26
<b>Perhitungan Keseimbangan Air</b>															
7	$\Delta S$	$R - Ea$	mm/bulan	251.4	354.5	158.7	69.0	-50.2	-35.3	-59.2	-44.5	-58.9	-9.6	225.1	169.7
8	Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0	150.0
9	Kapasitas Kelembaban Tanah Bulan Sebelumnya (IMS)		mm/bulan	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	121.1	29.4	150.0	150.0
10	Perubahan Nilai Kelembaban Tanah ( $\Delta SM$ )	$(9) - (8)$	mm/bulan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	91.7	-120.6	0.0	0.0
11	Water Surplus (WS)	$\Delta S - \Delta SM$	mm/bulan	251.4	354.5	158.7	69.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.9	225.1	169.7
<b>Perhitungan Aliran dan Simpanan Air Tanah</b>															
12	Koefisien Infiltrasi (i)			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
13	Infiltrasi (I)	$WS \times i$	mm/bulan	100.6	141.8	63.5	27.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.4	90.1	67.9
14	$0.5 \times (1+k) \times I$			89.9	126.9	56.8	24.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.7	80.6	60.7
15	$k \times V(n-1)$			86.3	70.5	78.9	54.3	31.6	12.6	5.1	2.0	0.8	0.3	16.0	38.6
16	Volume Penyimpanan (Vn)	$(14) + (15)$	mm/bulan	176.2	197.3	135.7	79.0	31.6	12.6	5.1	2.0	0.8	40.0	96.6	99.3
17	Perubahan Volume ( $\Delta Vn$ )	$Vn - V(n-1)$	mm/bulan	66.9	21.1	-61.6	-56.8	-47.4	-19.0	-7.6	-3.0	-1.2	39.2	56.5	2.8
18	Aliran Dasar (Base Flow)	$(13) - (17)$	mm/bulan	33.7	120.7	125.1	84.4	47.4	19.0	7.6	3.0	1.2	5.2	33.5	65.1
19	Aliran Langsung (Direct Run Off)	$(11) - (13)$	mm/bulan	150.8	212.7	95.2	41.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.6	135.1	101.8
20	Aliran Aktual (Run Off)	$(18) + (19)$	mm/bulan	184.5	333.4	220.3	125.7	47.4	19.0	7.6	3.0	1.2	71.7	168.6	166.9
<b>Debit Aliran Sungai</b>															
21	Debit Aliran Sungai	$A \times (20)$	m <sup>3</sup> /dt	7.840	14.639	9.362	5.520	2.013	0.832	0.322	0.129	0.053	3.048	7.402	7.092

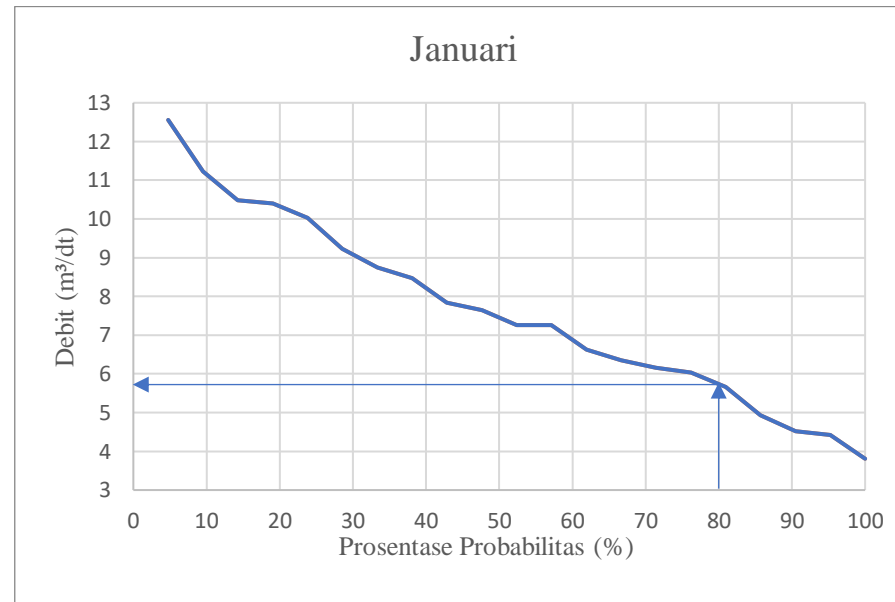
## Lampiran C 22 Rekapitulasi Analisis Debit Metode F.J. Mock

Debit <i>Inflow</i> (mm/bulan)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1998	4.418	14.183	13.195	10.997	0.000	4.446	4.402	1.576	0.652	4.277	7.034	10.127
1999	6.151	9.344	10.551	8.630	3.038	1.256	0.486	0.194	0.080	5.378	9.013	7.480
2000	10.397	15.637	12.326	11.180	7.299	2.787	1.079	0.432	0.178	6.982	9.011	8.564
2001	6.353	9.210	13.309	11.420	6.164	4.470	2.136	0.819	0.339	6.663	6.903	5.484
2002	7.256	10.507	11.065	6.472	3.431	1.345	0.521	0.208	0.086	2.452	5.657	7.035
2003	8.473	12.262	10.448	6.447	2.333	0.965	0.373	0.149	0.062	5.942	8.208	9.420
2004	7.255	10.512	11.600	4.562	1.747	0.722	1.660	0.573	0.237	1.963	10.191	9.527
2005	5.666	9.983	10.623	7.558	3.340	4.896	2.269	0.868	0.359	4.999	5.198	8.994
2006	11.227	10.960	10.931	10.293	8.280	3.104	1.201	0.481	0.199	2.372	2.353	6.865
2007	3.810	10.350	10.189	8.634	4.585	1.837	0.708	0.283	0.117	5.299	7.984	12.289
2008	4.926	13.914	14.566	7.312	2.706	1.119	0.433	0.173	0.072	7.203	10.875	9.791
2009	9.235	15.560	9.717	9.606	8.001	2.991	1.158	0.463	0.191	3.721	6.283	7.226
2010	8.751	11.974	14.771	12.148	11.499	6.380	3.528	1.336	2.145	9.471	7.764	10.971
2011	6.037	8.541	11.136	11.772	7.664	2.923	1.132	0.453	0.187	3.227	9.428	10.050
2012	10.027	11.633	10.054	6.778	3.449	1.356	0.525	0.210	0.087	4.659	7.365	9.390
2013	12.558	14.615	12.645	10.725	8.029	7.862	4.059	1.537	0.635	3.316	5.217	8.822
2014	10.490	11.032	11.448	8.308	4.061	2.789	1.285	0.495	0.205	2.030	5.626	9.154
2015	7.648	12.003	13.173	10.304	5.055	1.993	0.772	0.309	0.128	2.093	5.242	6.424
2016	4.517	12.268	9.287	9.045	8.168	4.909	3.446	1.492	4.185	10.146	9.704	7.435
2017	6.629	10.674	9.018	8.818	4.329	1.815	0.696	0.278	0.115	6.084	11.373	7.591
2018	7.840	14.639	9.362	5.520	2.013	0.832	0.322	0.129	0.053	3.048	7.402	7.092



## Lampiran D 1 Debit Andalan 80% Bulan Januari

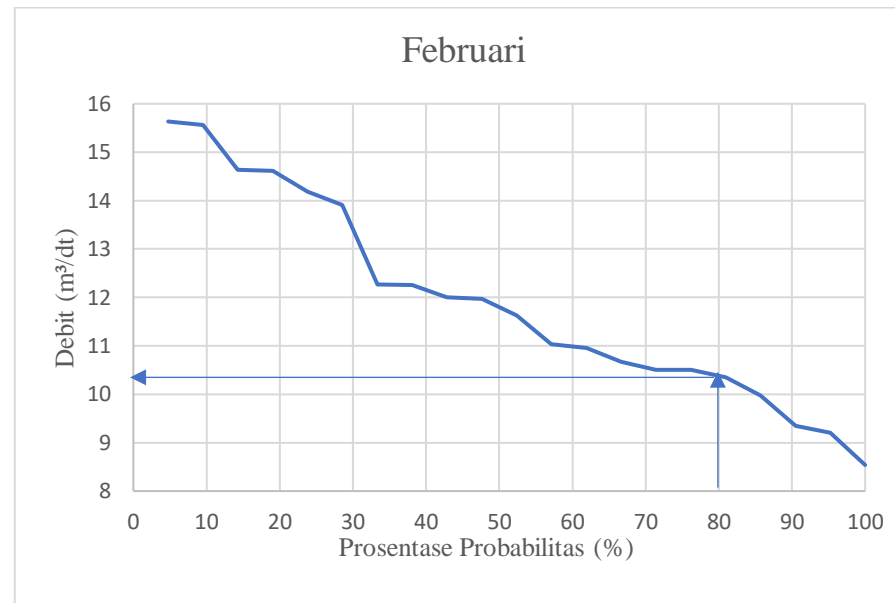
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	3.808	1	21	100.00
2	4.418	1	20	95.24
3	4.515	1	19	90.48
4	4.925	1	18	85.71
5	5.664	1	17	80.95
6	6.036	1	16	76.19
7	6.151	1	15	71.43
8	6.352	1	14	66.67
9	6.628	1	13	61.90
10	7.253	1	12	57.14
11	7.255	1	11	52.38
12	7.647	1	10	47.62
13	7.839	1	9	42.86
14	8.472	1	8	38.10
15	8.750	1	7	33.33
16	9.234	1	6	28.57
17	10.026	1	5	23.81
18	10.396	1	4	19.05
19	10.489	1	3	14.29
20	11.225	1	2	9.52
21	12.556	1	1	4.76



$$Q_{80} = 5,74 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Lampiran D 2 Debit Andalan 80% Bulan Februari

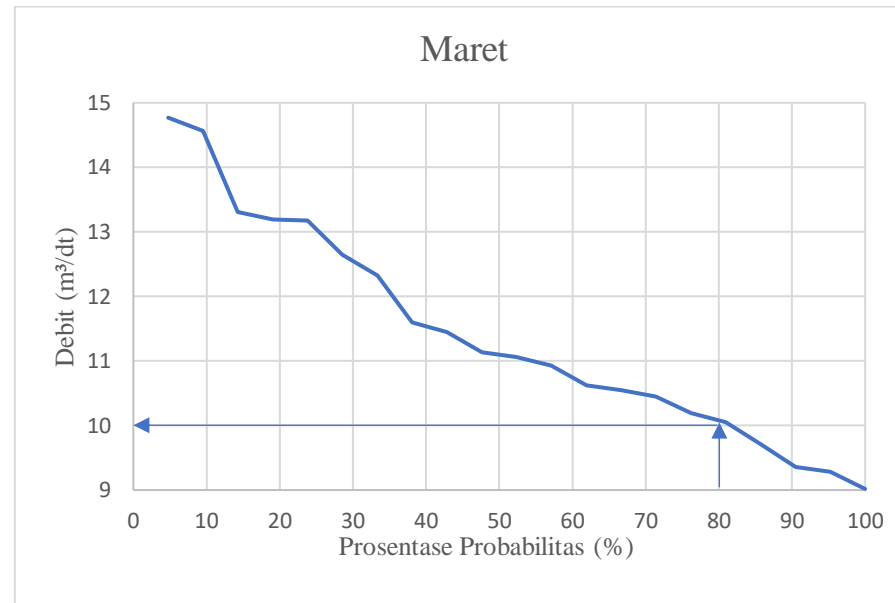
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	8.538	1	21	100.00
2	9.207	1	20	95.24
3	9.344	1	19	90.48
4	9.979	1	18	85.71
5	10.347	1	17	80.95
6	10.504	1	16	76.19
7	10.509	1	15	71.43
8	10.672	1	14	66.67
9	10.957	1	13	61.90
10	11.029	1	12	57.14
11	11.630	1	11	52.38
12	11.971	1	10	47.62
13	12.000	1	9	42.86
14	12.259	1	8	38.10
15	12.265	1	7	33.33
16	13.911	1	6	28.57
17	14.183	1	5	23.81
18	14.612	1	4	19.05
19	14.636	1	3	14.29
20	15.557	1	2	9.52
21	15.634	1	1	4.76



$$Q_{80} = 10,38 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Lampiran D 3 Debit Andalan 80% Bulan Maret

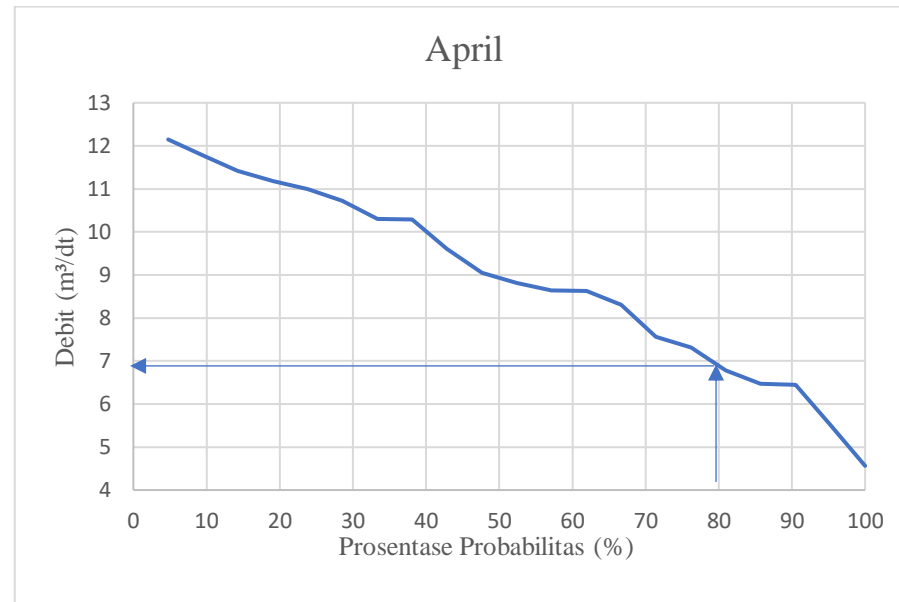
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	9.017	1	21	100.00
2	9.286	1	20	95.24
3	9.361	1	19	90.48
4	9.716	1	18	85.71
5	10.052	1	17	80.95
6	10.188	1	16	76.19
7	10.447	1	15	71.43
8	10.551	1	14	66.67
9	10.621	1	13	61.90
10	10.930	1	12	57.14
11	11.064	1	11	52.38
12	11.135	1	10	47.62
13	11.447	1	9	42.86
14	11.598	1	8	38.10
15	12.325	1	7	33.33
16	12.644	1	6	28.57
17	13.172	1	5	23.81
18	13.195	1	4	19.05
19	13.308	1	3	14.29
20	14.565	1	2	9.52
21	14.769	1	1	4.76



$$Q_{80} = 10,08 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Lampiran D 4 Debit Andalan 80% Bulan April

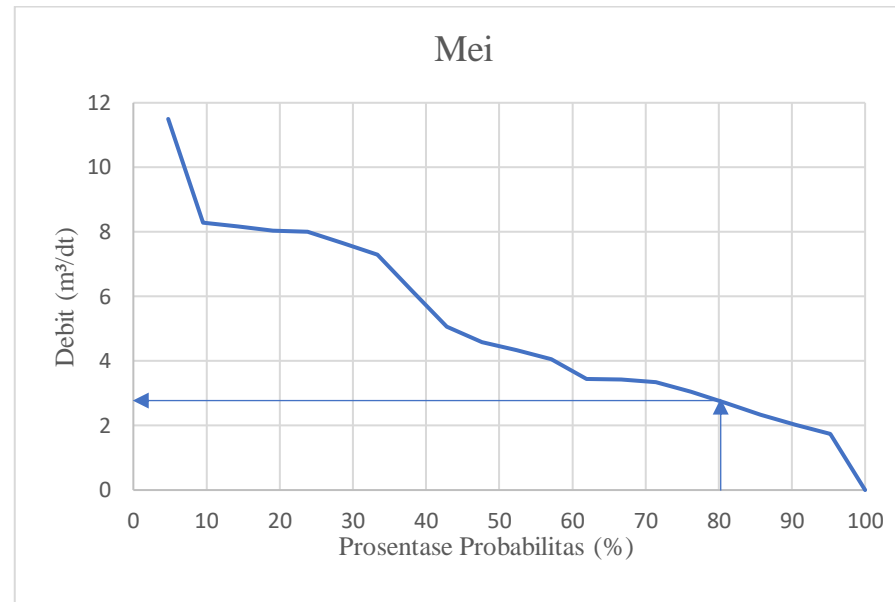
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	4.562	1	21	100.00
2	5.520	1	20	95.24
3	6.446	1	19	90.48
4	6.472	1	18	85.71
5	6.778	1	17	80.95
6	7.311	1	16	76.19
7	7.557	1	15	71.43
8	8.307	1	14	66.67
9	8.630	1	13	61.90
10	8.633	1	12	57.14
11	8.818	1	11	52.38
12	9.045	1	10	47.62
13	9.605	1	9	42.86
14	10.292	1	8	38.10
15	10.303	1	7	33.33
16	10.725	1	6	28.57
17	10.997	1	5	23.81
18	11.179	1	4	19.05
19	11.419	1	3	14.29
20	11.771	1	2	9.52
21	12.147	1	1	4.76



$$Q_{80} = 6,88 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Lampiran D 5 Debit Andalan 80% Bulan Mei

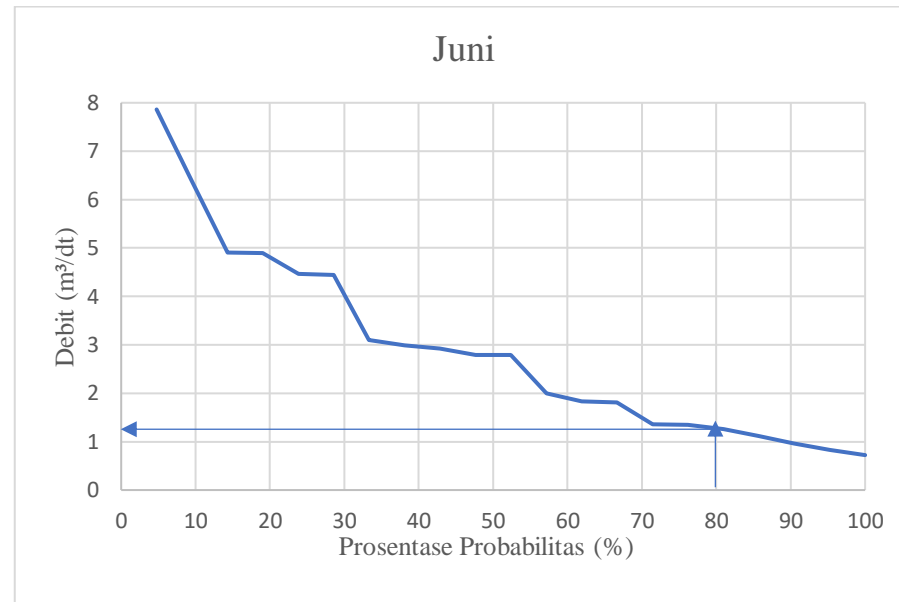
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	0.000	1	21	100.00
2	1.747	1	20	95.24
3	2.013	1	19	90.48
4	2.333	1	18	85.71
5	2.706	1	17	80.95
6	3.038	1	16	76.19
7	3.340	1	15	71.43
8	3.431	1	14	66.67
9	3.449	1	13	61.90
10	4.061	1	12	57.14
11	4.329	1	11	52.38
12	4.585	1	10	47.62
13	5.055	1	9	42.86
14	6.164	1	8	38.10
15	7.299	1	7	33.33
16	7.664	1	6	28.57
17	8.001	1	5	23.81
18	8.029	1	4	19.05
19	8.168	1	3	14.29
20	8.280	1	2	9.52
21	11.499	1	1	4.76



$$Q_{80} = 2,77 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Lampiran D 6 Debit Andalan 80% Bulan Juni

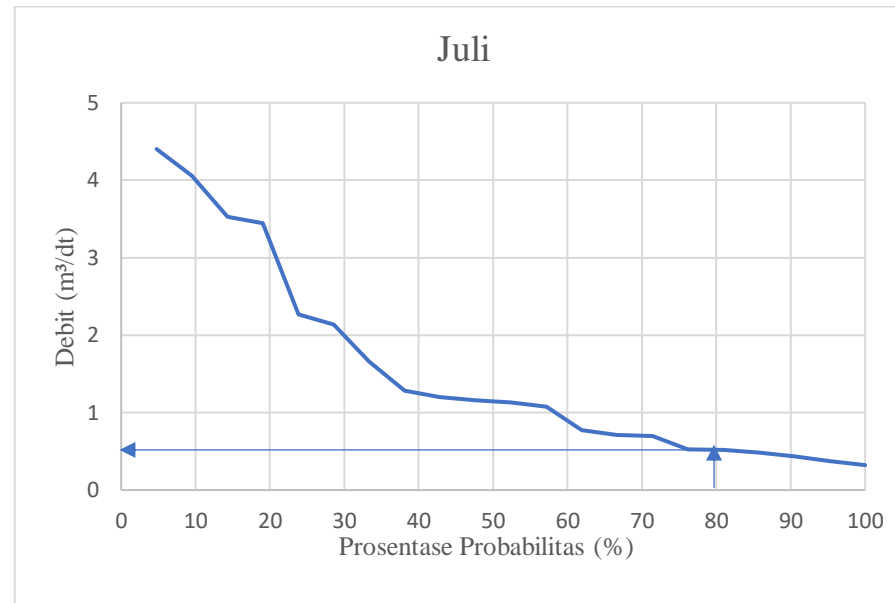
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	0.722	1	21	100.00
2	0.832	1	20	95.24
3	0.964	1	19	90.48
4	1.118	1	18	85.71
5	1.256	1	17	80.95
6	1.345	1	16	76.19
7	1.356	1	15	71.43
8	1.815	1	14	66.67
9	1.837	1	13	61.90
10	1.993	1	12	57.14
11	2.787	1	11	52.38
12	2.789	1	10	47.62
13	2.923	1	9	42.86
14	2.991	1	8	38.10
15	3.104	1	7	33.33
16	4.446	1	6	28.57
17	4.470	1	5	23.81
18	4.896	1	4	19.05
19	4.909	1	3	14.29
20	6.380	1	2	9.52
21	7.862	1	1	4.76



$$Q_{80} = 1,27 \text{ m}^3/\text{dt}$$

## Lampiran D 7 Debit Andalan 80% Bulan Juli

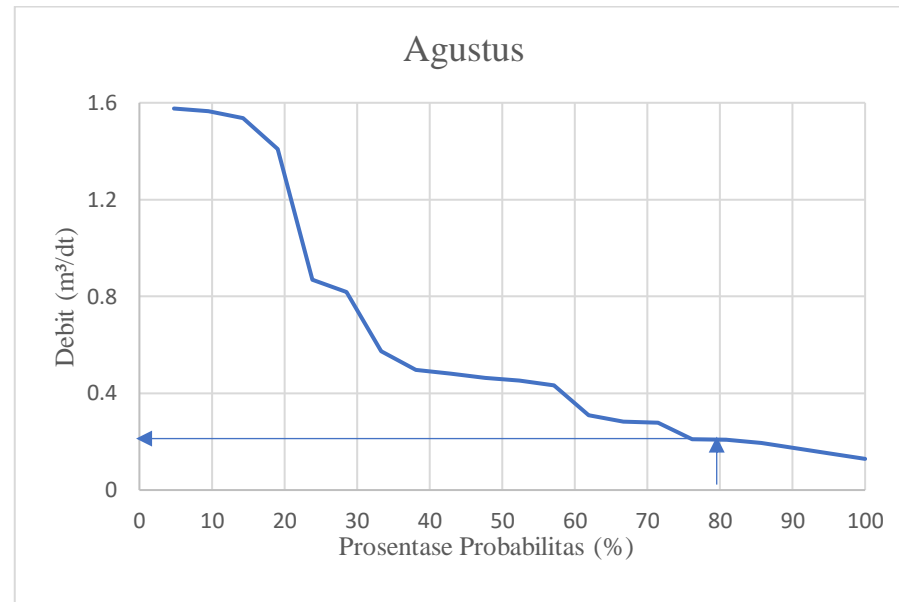
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	0.322	1	21	100.00
2	0.373	1	20	95.24
3	0.433	1	19	90.48
4	0.486	1	18	85.71
5	0.521	1	17	80.95
6	0.525	1	16	76.19
7	0.696	1	15	71.43
8	0.708	1	14	66.67
9	0.772	1	13	61.90
10	1.079	1	12	57.14
11	1.132	1	11	52.38
12	1.158	1	10	47.62
13	1.201	1	9	42.86
14	1.285	1	8	38.10
15	1.660	1	7	33.33
16	2.136	1	6	28.57
17	2.269	1	5	23.81
18	3.446	1	4	19.05
19	3.528	1	3	14.29
20	4.059	1	2	9.52
21	4.402	1	1	4.76



$Q_{80} = 0,52 \text{ m}^3/\text{dt}$

## Lampiran D 8 Debit Andalan 80% Bulan Agustus

No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	0.129	1	21	100.00
2	0.149	1	20	95.24
3	0.173	1	19	90.48
4	0.194	1	18	85.71
5	0.208	1	17	80.95
6	0.210	1	16	76.19
7	0.278	1	15	71.43
8	0.283	1	14	66.67
9	0.309	1	13	61.90
10	0.432	1	12	57.14
11	0.453	1	11	52.38
12	0.463	1	10	47.62
13	0.481	1	9	42.86
14	0.495	1	8	38.10
15	0.573	1	7	33.33
16	0.819	1	6	28.57
17	0.868	1	5	23.81
18	1.410	1	4	19.05
19	1.537	1	3	14.29
20	1.566	1	2	9.52
21	1.576	1	1	4.76

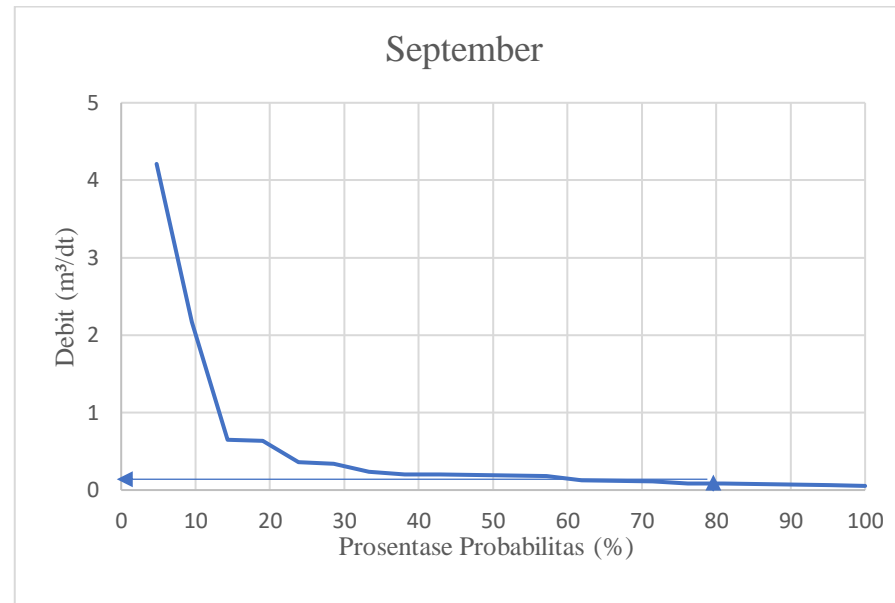


$Q_{80} = 0,21 \text{ m}^3/\text{dt}$



## Lampiran D 9 Debit Andalan 80% Bulan September

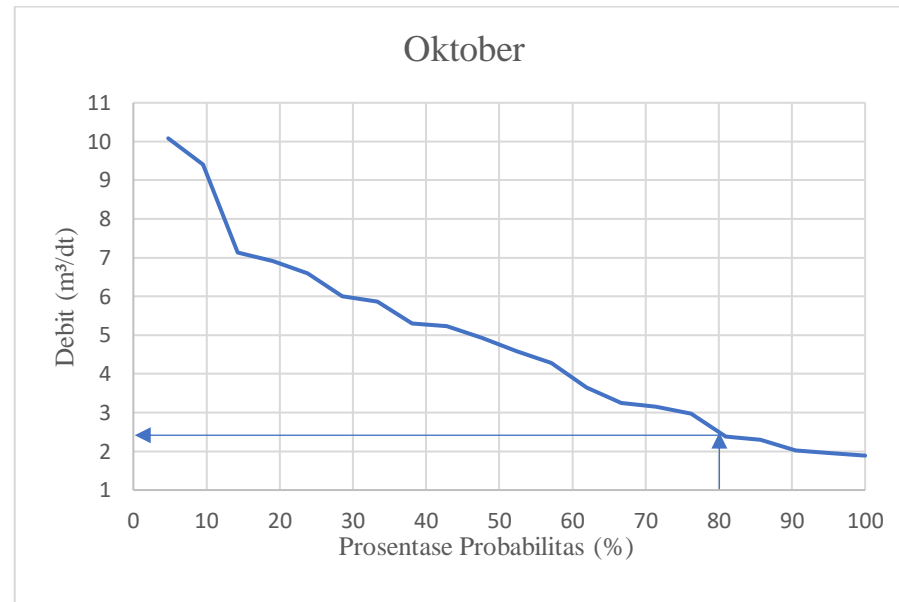
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	0.053	1	21	100.00
2	0.062	1	20	95.24
3	0.072	1	19	90.48
4	0.080	1	18	85.71
5	0.086	1	17	80.95
6	0.087	1	16	76.19
7	0.115	1	15	71.43
8	0.117	1	14	66.67
9	0.128	1	13	61.90
10	0.178	1	12	57.14
11	0.187	1	11	52.38
12	0.191	1	10	47.62
13	0.199	1	9	42.86
14	0.205	1	8	38.10
15	0.237	1	7	33.33
16	0.339	1	6	28.57
17	0.359	1	5	23.81
18	0.635	1	4	19.05
19	0.652	1	3	14.29
20	2.170	1	2	9.52
21	4.211	1	1	4.76



$Q_{80} = 0,09 \text{ m}^3/\text{dt}$

Lampiran D 10 Debit Andalan 80% Bulan Oktober

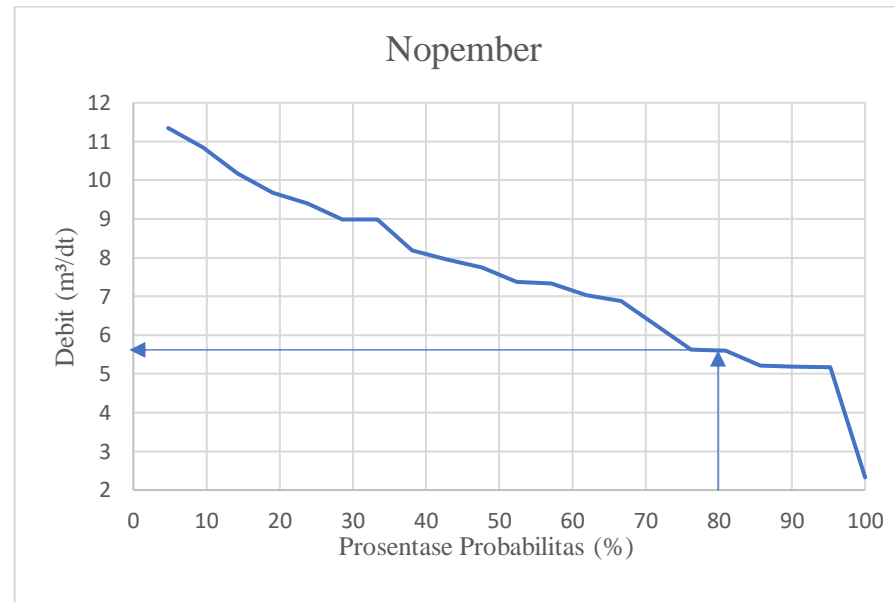
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	1.889	1	21	100.00
2	1.956	1	20	95.24
3	2.020	1	19	90.48
4	2.299	1	18	85.71
5	2.378	1	17	80.95
6	2.974	1	16	76.19
7	3.154	1	15	71.43
8	3.243	1	14	66.67
9	3.647	1	13	61.90
10	4.277	1	12	57.14
11	4.585	1	11	52.38
12	4.925	1	10	47.62
13	5.226	1	9	42.86
14	5.304	1	8	38.10
15	5.869	1	7	33.33
16	6.010	1	6	28.57
17	6.589	1	5	23.81
18	6.909	1	4	19.05
19	7.129	1	3	14.29
20	9.407	1	2	9.52
21	10.082	1	1	4.76



$$Q_{80} = 2,5 \text{ m}^3/\text{dt}$$

## Lampiran D 11 Debit Andalan 80% Bulan Nopember

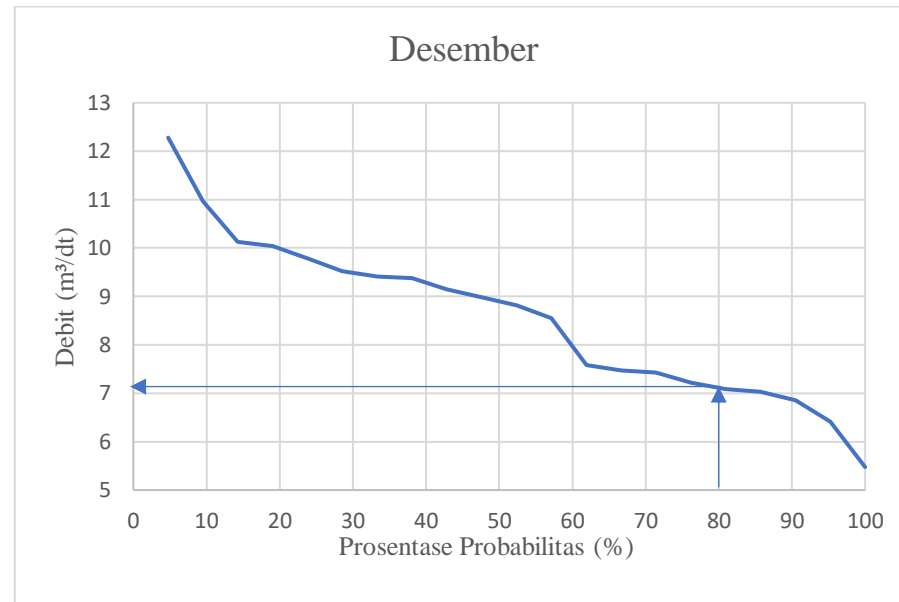
No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	2.327	1	21	100.00
2	5.172	1	20	95.24
3	5.192	1	19	90.48
4	5.216	1	18	85.71
5	5.601	1	17	80.95
6	5.632	1	16	76.19
7	6.258	1	15	71.43
8	6.877	1	14	66.67
9	7.034	1	13	61.90
10	7.340	1	12	57.14
11	7.377	1	11	52.38
12	7.743	1	10	47.62
13	7.959	1	9	42.86
14	8.182	1	8	38.10
15	8.985	1	7	33.33
16	8.987	1	6	28.57
17	9.403	1	5	23.81
18	9.682	1	4	19.05
19	10.166	1	3	14.29
20	10.849	1	2	9.52
21	11.348	1	1	4.76



$$Q_{80} = 5,61 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Lampiran D 12 Debit Andalan 80% Bulan Desember

No.	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Prosentase Probabilitas (%)
	1	2	3	4
1	5.474	1	21	100.00
2	6.415	1	20	95.24
3	6.855	1	19	90.48
4	7.025	1	18	85.71
5	7.082	1	17	80.95
6	7.216	1	16	76.19
7	7.426	1	15	71.43
8	7.470	1	14	66.67
9	7.581	1	13	61.90
10	8.555	1	12	57.14
11	8.812	1	11	52.38
12	8.984	1	10	47.62
13	9.145	1	9	42.86
14	9.380	1	8	38.10
15	9.410	1	7	33.33
16	9.517	1	6	28.57
17	9.782	1	5	23.81
18	10.040	1	4	19.05
19	10.127	1	3	14.29
20	10.963	1	2	9.52
21	12.280	1	1	4.76



$$Q_{80} = 7,11 \text{ m}^3/\text{dt}$$

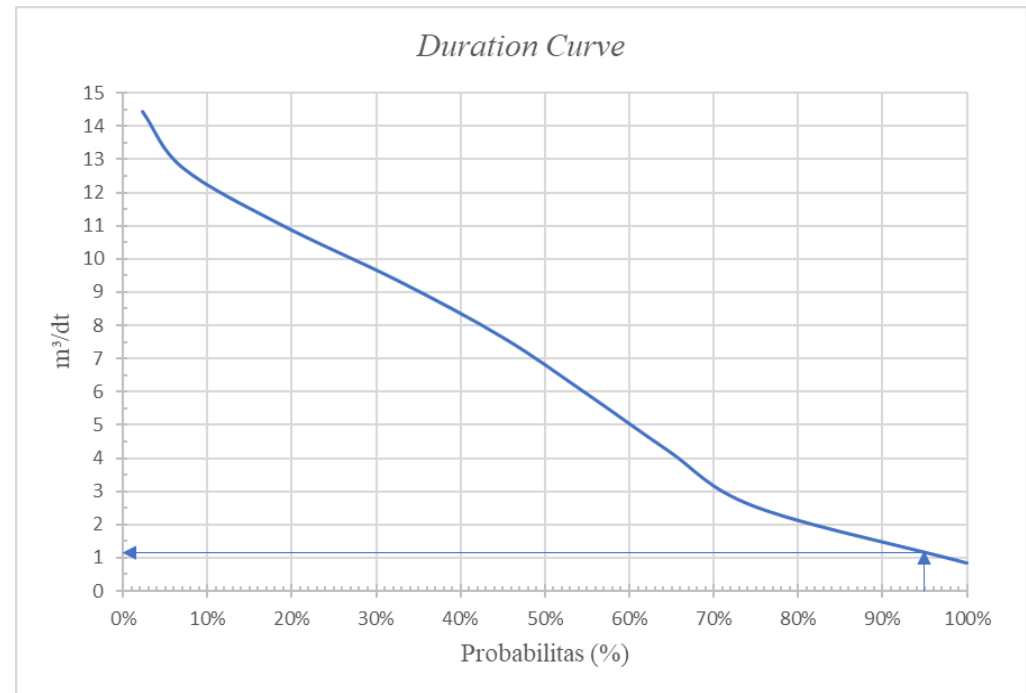


## Lampiran E 2 Kebutuhan Air Baku

Air Baku	Jumlah	Satuan	Kebutuhan	satuan	Total Kebutuhan (lt/hari)
Domestik	373508	Jiwa	90	lt/org/hari	33615720
Total					33615720
Non-Domestik					
Sekolah	72760	Murid	10	lt/murid/hari	727600
Rumah sakit	3000	Bed	200	lt/bed/hari	600000
Puskesmas	31	Buah	2000	lt/hari	62000
Tempat Ibadah	4503	Buah	3000	lt/hari	13509000
Kantor	1995	Pegawai	10	lt/pegawai/hr	19950
Pasar	60	Hektar	12000	lt/ha/hari	720000
Hotel	3200	Bed	150	lt/bed/hari	480000
Restoran	500	Kursi	100	lt/tmpd duduk/hari	50000
Komplek Militer	300	Orang	60	lt/orng/hari	18000
Total					16186550

## Lampiran E 3 Debit Andalan 95% untuk Pemeliharaan Sungai

Q (m <sup>3</sup> /dt)	Nilai Tengah (m <sup>3</sup> /dt)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Probabilitas (%)
0.00 - 1.70	0.9	63	251	100.00
1.70 - 3.40	2.6	26	188	74.90
3.40 - 5.10	4.3	24	162	64.54
5.10 - 6.80	6.0	25	138	54.98
6.80 - 8.50	7.7	31	113	45.02
8.50 - 10.20	9.4	35	82	32.67
10.20 - 11.90	11.1	29	47	18.73
11.90 - 13.60	12.8	12	18	7.17
13.60 - 15.30	14.5	6	6	2.39
Total		251		



Debit andalan 95% untuk pemeliharaan sungai senilai 1,2 m<sup>3</sup>/dt

### Lampiran F 1 Pengoperasian Awal

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Okt	2.497	6.689	18.915	1.042	0.251	3.184	23.392	28.712
30 Nop	5.607	14.533	8.852	1.008	0.243	3.081	13.185	30.061
31 Des	7.109	19.040	18.278	1.042	0.251	3.184	22.755	26.346
31 Jan	5.739	15.370	21.414	1.042	0.251	3.184	25.890	15.826
29 Feb	10.378	26.003	17.054	0.975	0.235	2.978	21.242	20.587
31 Mrt	10.080	26.997	8.569	1.042	0.251	3.184	13.045	34.539
30 Apr	6.884	17.844	12.828	1.008	0.243	3.081	17.161	35.223
31 Mei	2.772	7.425	21.668	1.042	0.251	3.184	26.145	16.503
30 Jun	1.274	3.301	17.689	1.008	0.243	3.081	22.021	-2.217
31 Jul	0.521	1.397	13.663	1.042	0.251		14.956	-15.776
31 Agt	0.209	0.559	17.145	1.042	0.251		18.438	-33.655
30 Sep	0.086	0.223	19.428	1.008	0.243		20.679	-54.111
Total		139.382	195.503				238.908	



## Lampiran F 2 Optimalisasi 1

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Okt	2.497	6.689	14.186	1.042	0.251	3.184	18.663	33.441
30 Nop	5.607	14.533	6.639	1.008	0.243	3.081	10.972	37.002
31 Des	7.109	19.040	13.708	1.042	0.251	3.184	18.185	37.858
31 Jan	5.739	15.370	16.060	1.042	0.251	3.184	20.537	32.691
29 Feb	10.378	26.003	12.791	0.975	0.235	2.978	16.978	41.716
31 Mrt	10.080	26.997	6.426	1.042	0.251	3.184	10.903	57.810
30 Apr	6.884	17.844	9.621	1.008	0.243	3.081	13.953	61.700
31 Mei	2.772	7.425	16.251	1.042	0.251	3.184	20.728	48.398
30 Jun	1.274	3.301	13.267	1.008	0.243	3.081	17.599	34.100
31 Jul	0.521	1.397	10.247	1.042	0.251		11.540	23.957
31 Agt	0.209	0.559	12.859	1.042	0.251		14.152	10.363
30 Sep	0.086	0.223	14.571	1.008	0.243		15.822	-5.235
Total		139.382					190.032	

### Lampiran F 3 Optimalisasi 2

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	38.169
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	43.944
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	50.839
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	45.601
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	58.703
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	63.651
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
Total		139.382					141.157	

## Lampiran F 4 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Nopember)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	51.189
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	50.839
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	45.601
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	58.703
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	63.651
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	-6.368
		139.382					141.157	-6.368

Lampiran F 5 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Desember)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	50.839
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	45.601
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	58.703
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	63.651
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	-6.368
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	-0.593
		139.382					141.157	-6.961

## Lampiran F 6 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Januari)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	45.601
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	58.703
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	63.651
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	-6.368
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	-0.593
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	4.832
		139.382					141.157	-6.961

Lampiran F 7 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Februari)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	58.703
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	63.651
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	-6.368
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	-0.593
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	4.832
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	5.018
		139.382					141.157	-6.368

## Lampiran F 8 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Maret)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	63.651
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	-6.368
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	-0.593
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	4.832
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	5.018
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	18.306
		139.382					141.157	-6.961

Lampiran F 9 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan April)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	-6.368
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	-0.593
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	4.832
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	5.018
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	18.306
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	36.543
		139.382					141.157	-6.961



## Lampiran F 10 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Mei)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	-6.368
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	-0.593
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	4.832
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	5.018
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	18.306
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	36.543
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	43.640
		139.382					141.157	-6.961

Lampiran F 11 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Juni)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	35.539
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	28.811
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	19.504
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	8.763
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	1.517
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	7.292
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	12.717
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	12.904
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	26.192
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	44.428
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
		139.382					141.157	0.000

## Lampiran F 12 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Juli)

Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	38.687
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	29.380
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	18.638
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	11.393
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	17.168
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	22.593
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	22.779
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	36.067
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	54.304
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
		139.382					141.157	0.000

Lampiran F 13 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan Agustus)

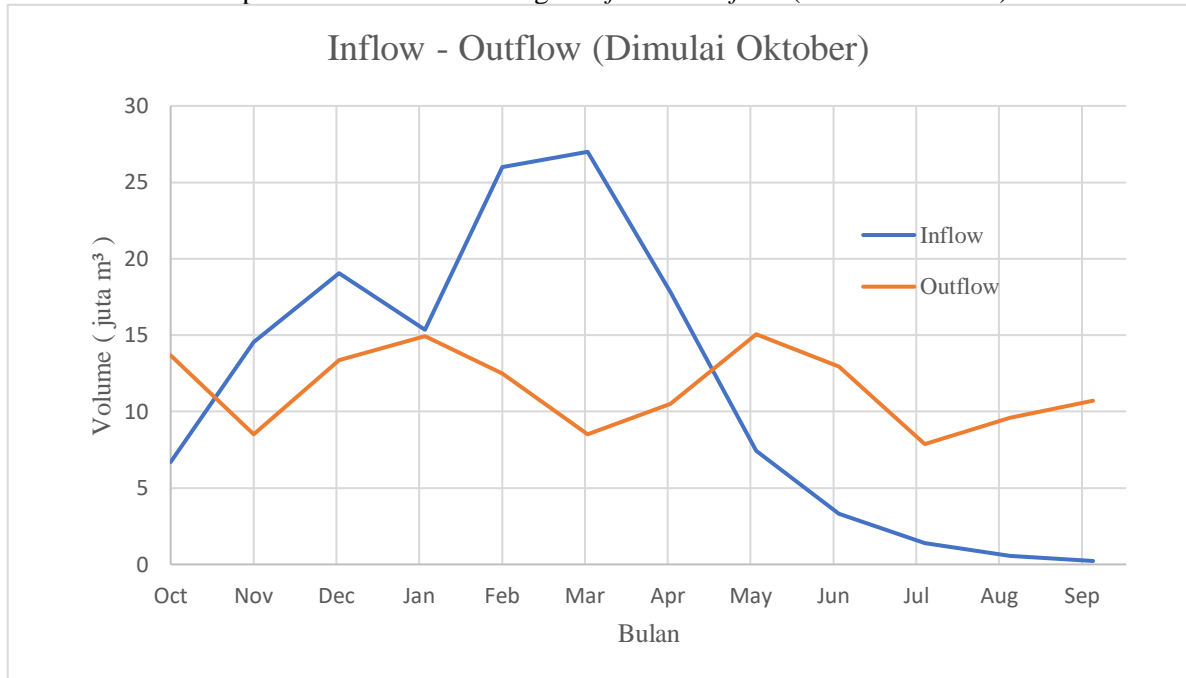
Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	36.108
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	25.366
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	18.121
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	23.895
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	29.320
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	29.507
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	42.795
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	63.651
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
		139.382					141.157	0.000

## Lampiran F 14 Optimalisasi 3 (Percobaan Diawali Bulan September)

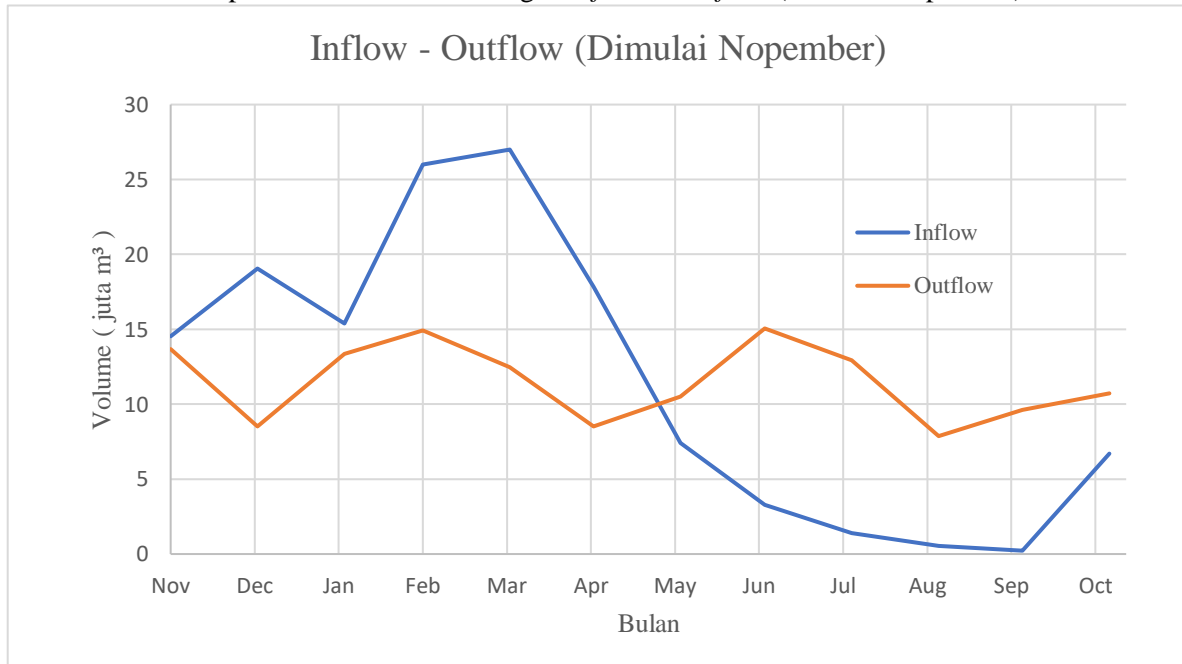
Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	34.673
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	27.428
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	33.202
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	38.627
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	38.814
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	52.102
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	63.651
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	52.512
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
		139.382					141.157	0.000

Lampiran F 15 Optimalisasi 3 Diawali Bulan September (Tahun Ke-6 dan Seterusnya)

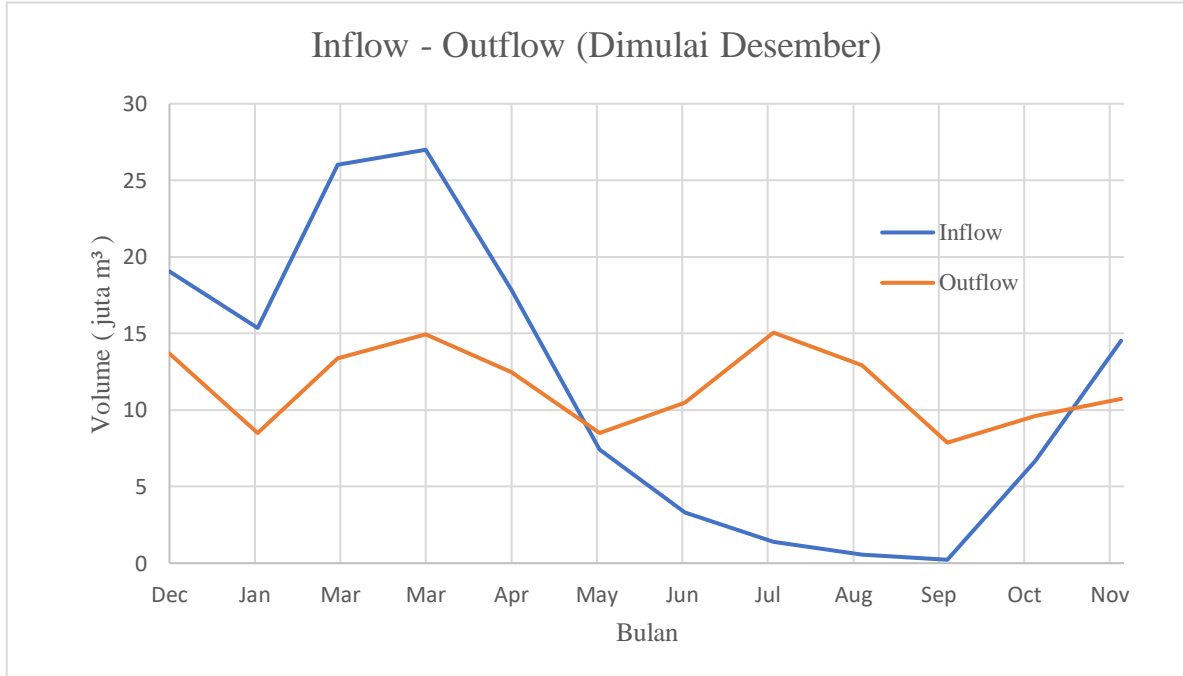
Tanggal Akhir Bulan	Aliran Masuk		Aliran Pengeluaran Untuk Pemanfaatan					Volume Waduk Per Akhir Bulan
			Irigasi	Domestik	Non Domestik	Pemeliharaan Sungai	Total	
	m <sup>3</sup> /dt	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>		10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8
								<b>45.415</b>
30 Sep	0.086	0.223	9.714	1.008	0.243		10.965	0.877
31 Okt	2.497	6.689	9.457	1.042	0.251	3.184	13.934	-6.368
30 Nop	5.607	14.533	4.426	1.008	0.243	3.081	8.758	5.775
31 Des	7.109	19.040	9.139	1.042	0.251	3.184	13.616	11.200
31 Jan	5.739	15.370	10.707	1.042	0.251	3.184	15.183	11.386
29 Feb	10.378	26.003	8.527	0.975	0.235	2.978	12.715	24.674
31 Mrt	10.080	26.997	4.284	1.042	0.251	3.184	8.761	42.911
30 Apr	6.884	17.844	6.414	1.008	0.243	3.081	10.746	50.008
31 Mei	2.772	7.425	10.834	1.042	0.251	3.184	15.311	37.529
30 Jun	1.274	3.301	8.844	1.008	0.243	3.081	13.177	27.654
31 Jul	0.521	1.397	6.831	1.042	0.251		8.124	20.926
31 Agt	0.209	0.559	8.573	1.042	0.251		9.866	11.619
		139.382					141.157	-6.368

Lampiran F 16 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Oktober)

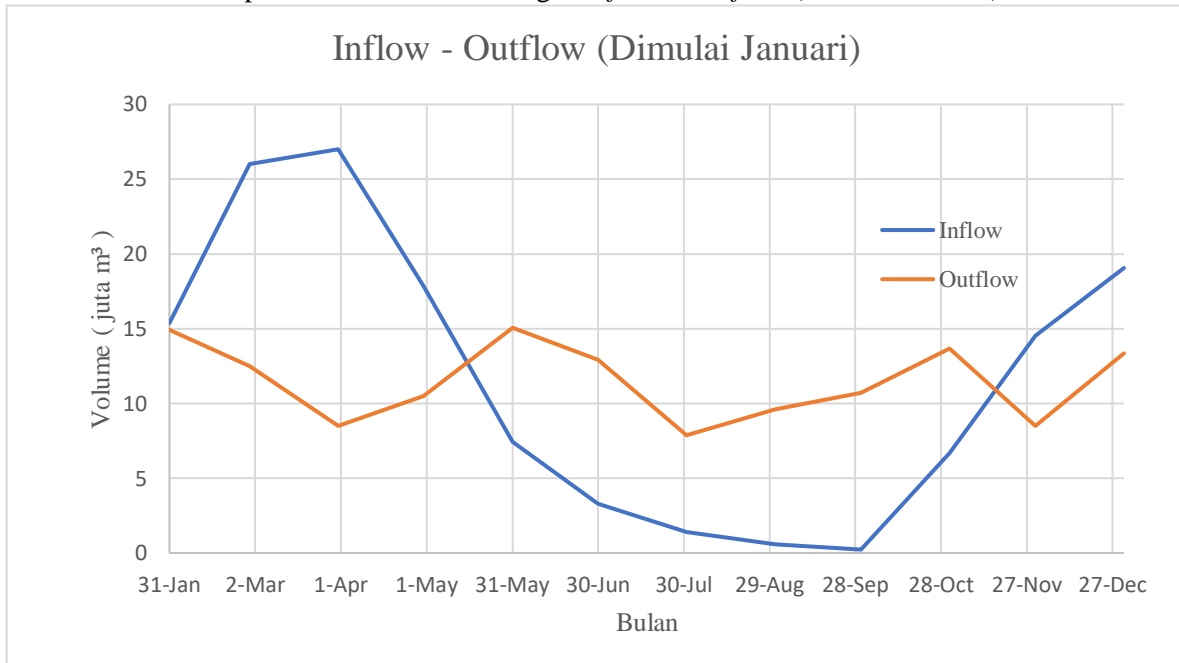
Lampiran F 17 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Nopember)



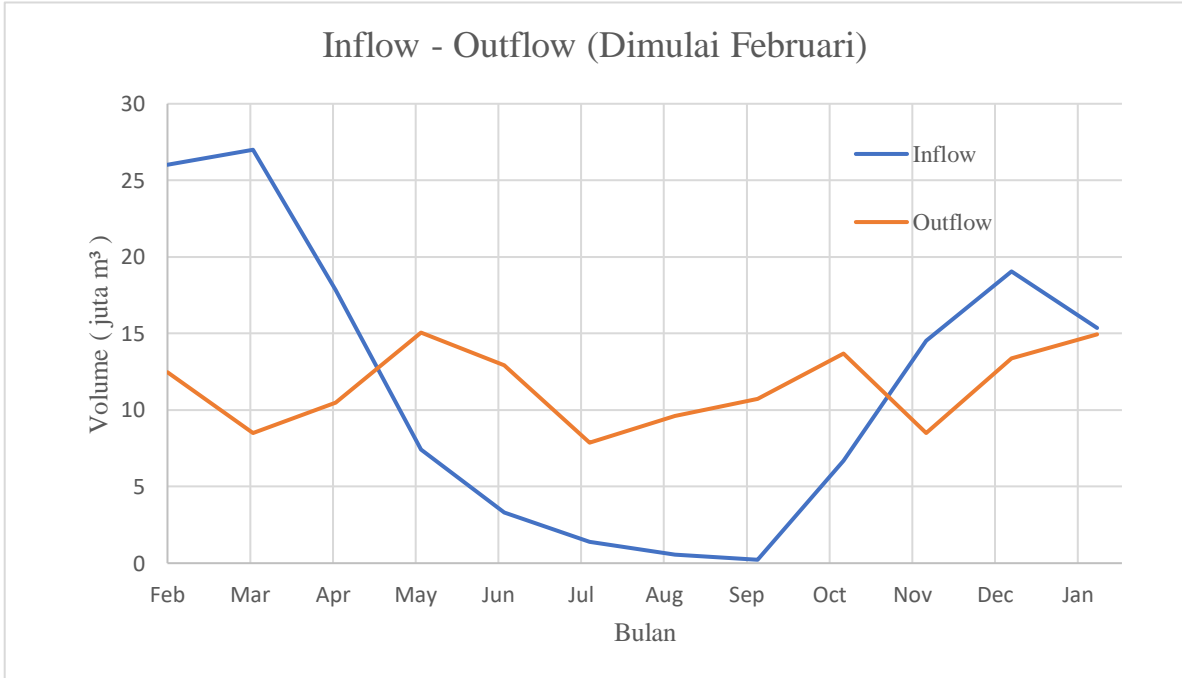


Lampiran F 18 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Desember)

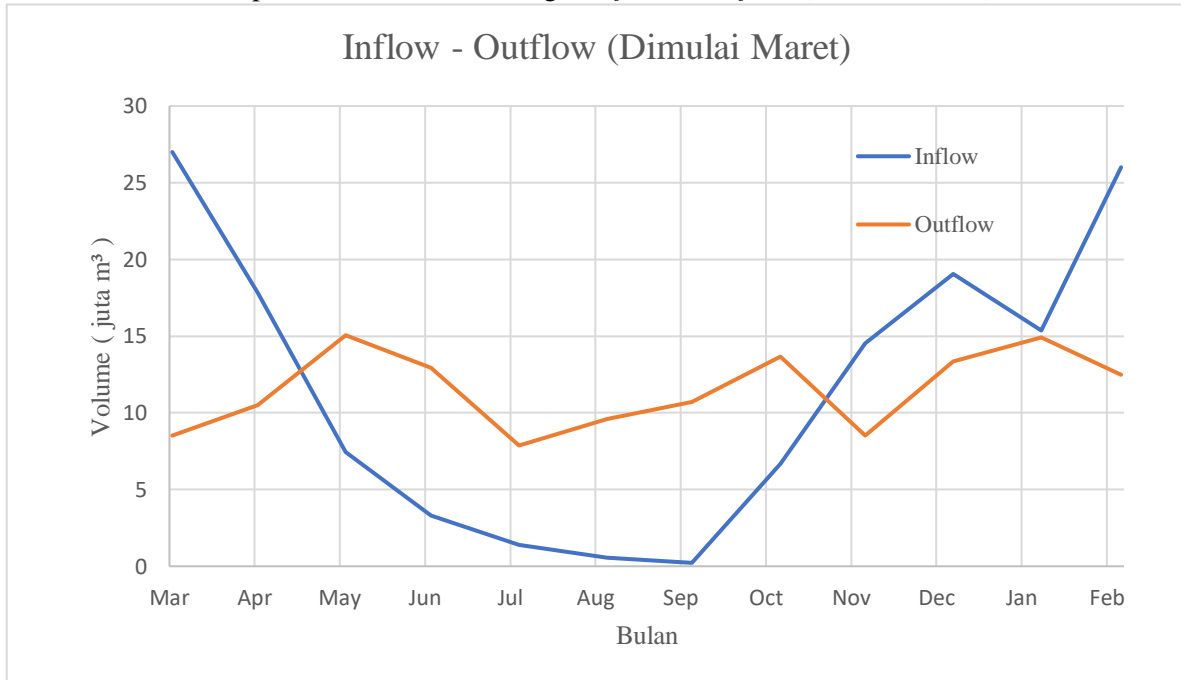
Lampiran F 19 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Januari)

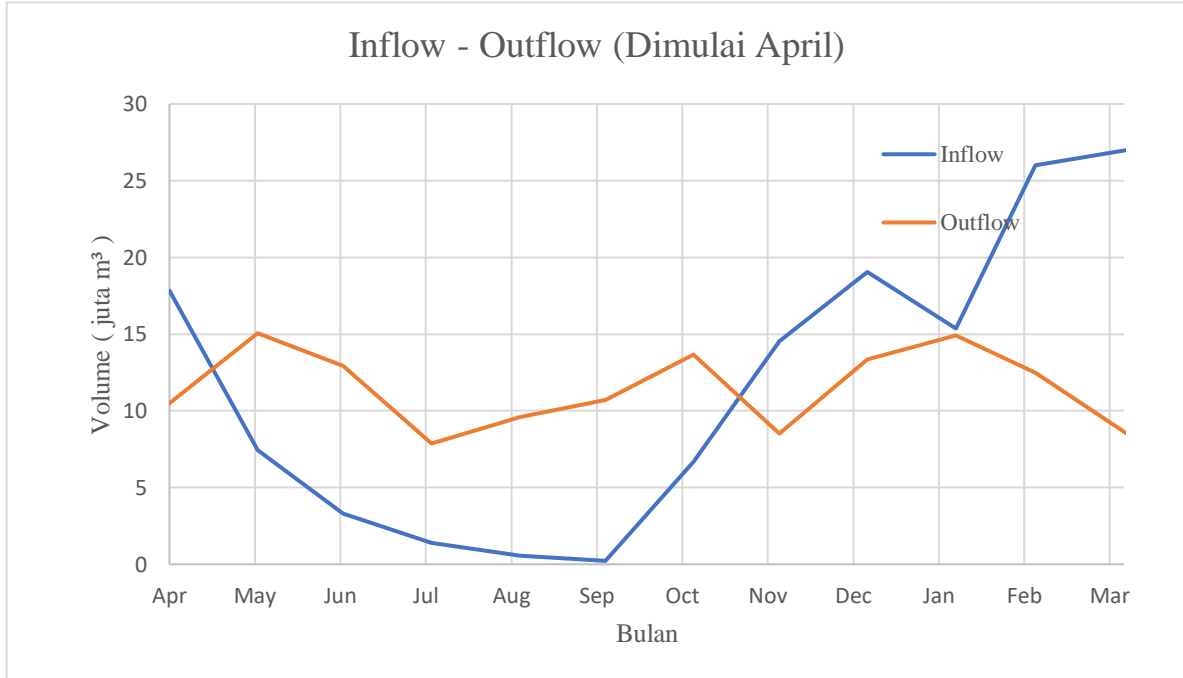


Lampiran F 20 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Februari)

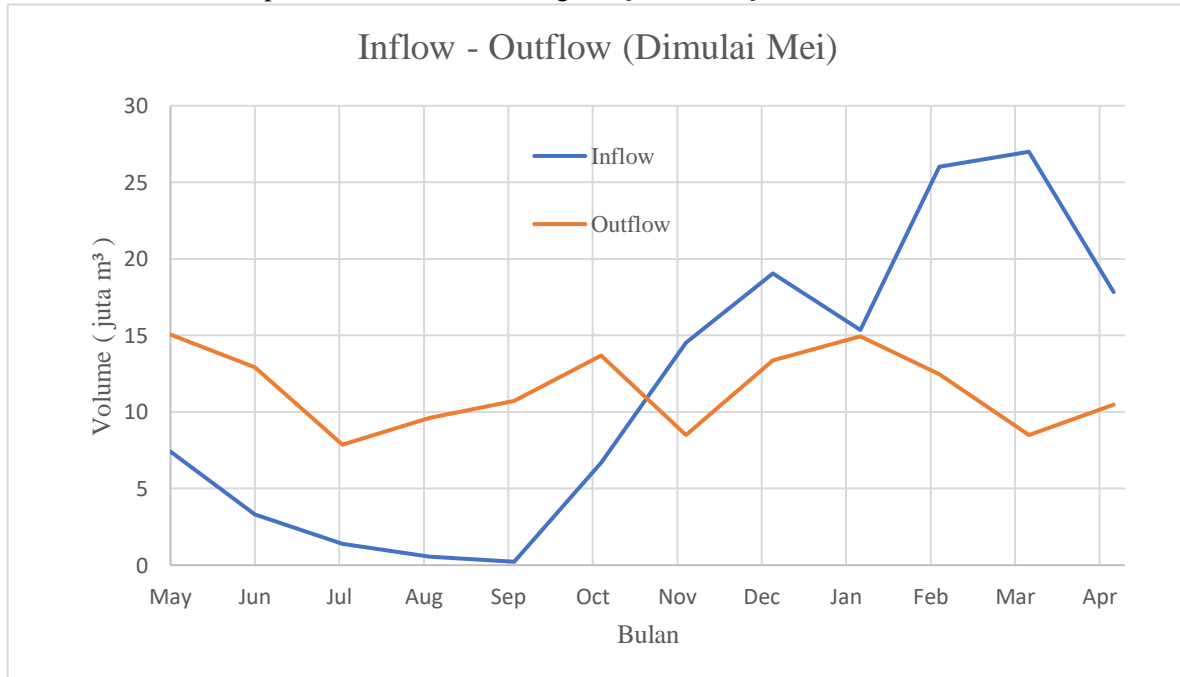


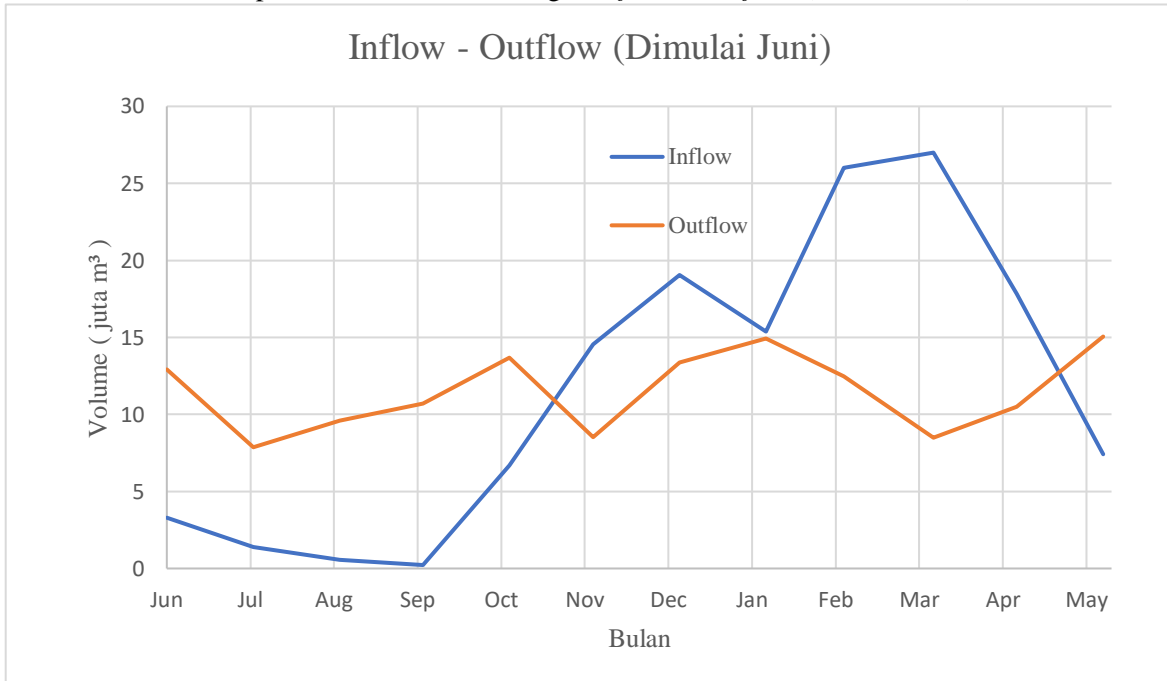
Lampiran F 21 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Maret)



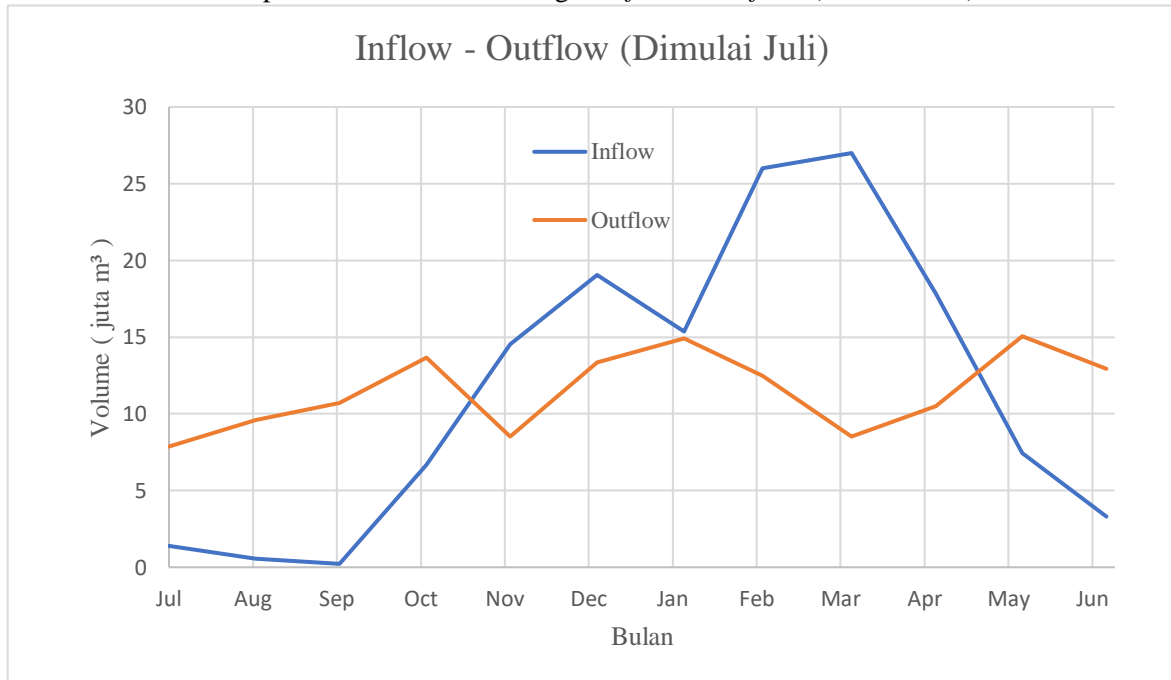
Lampiran F 22 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai April)

Lampiran F 23 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Mei)

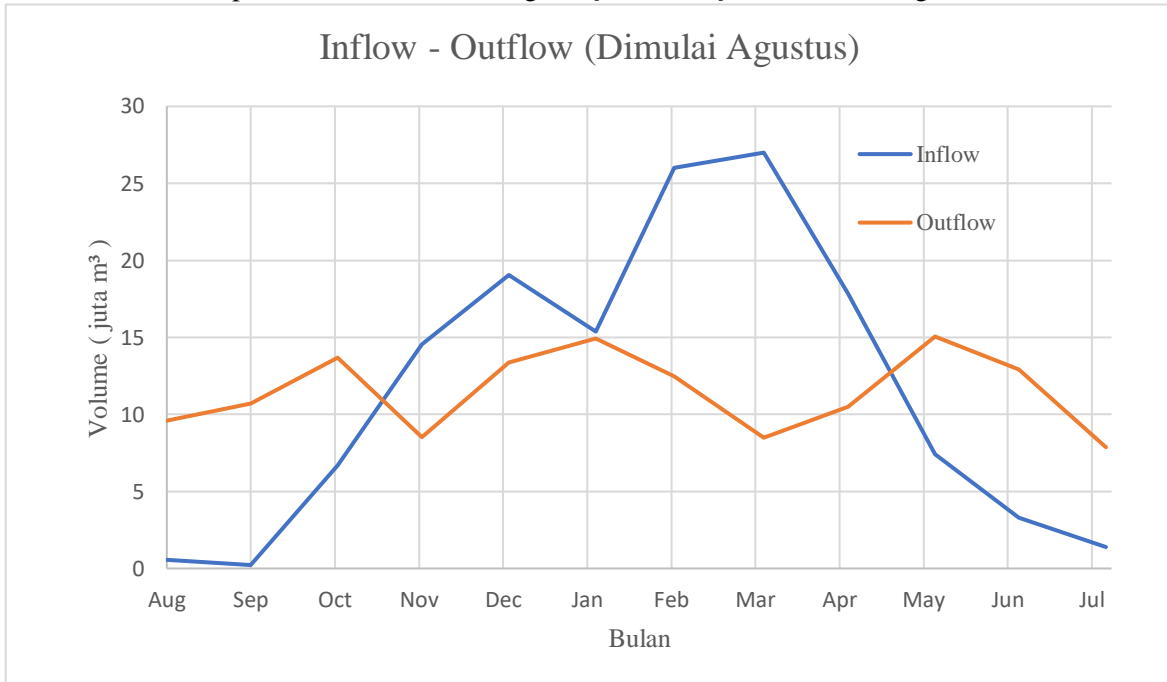


Lampiran F 24 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Juni)

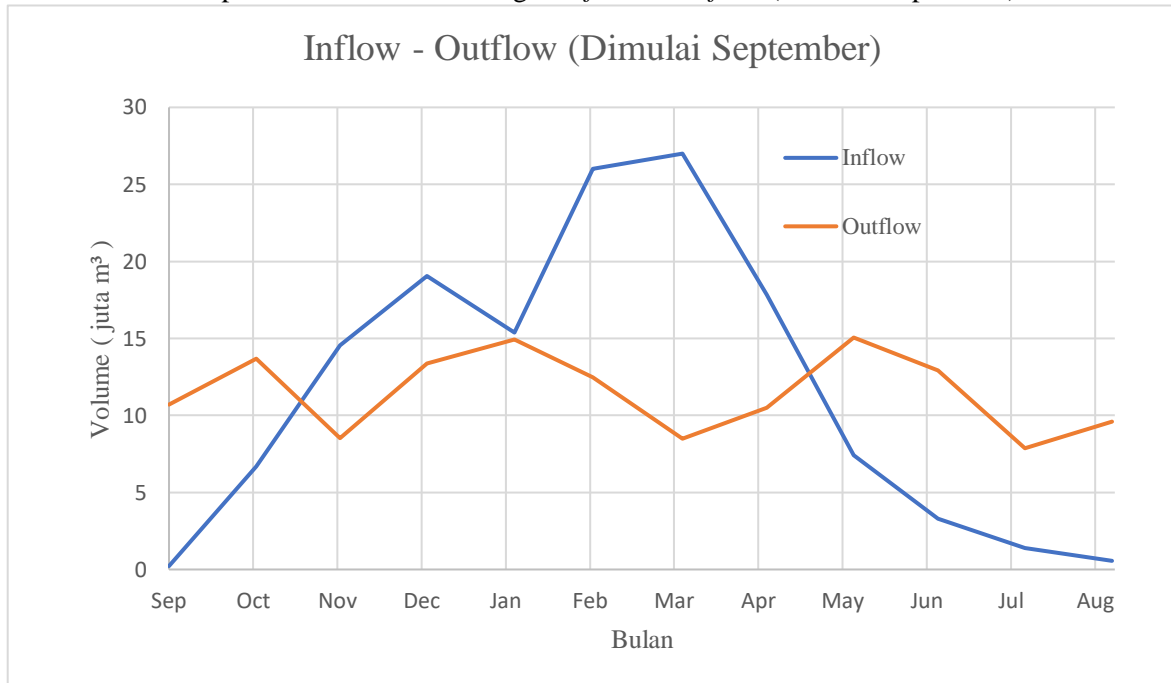
Lampiran F 25 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Juli)

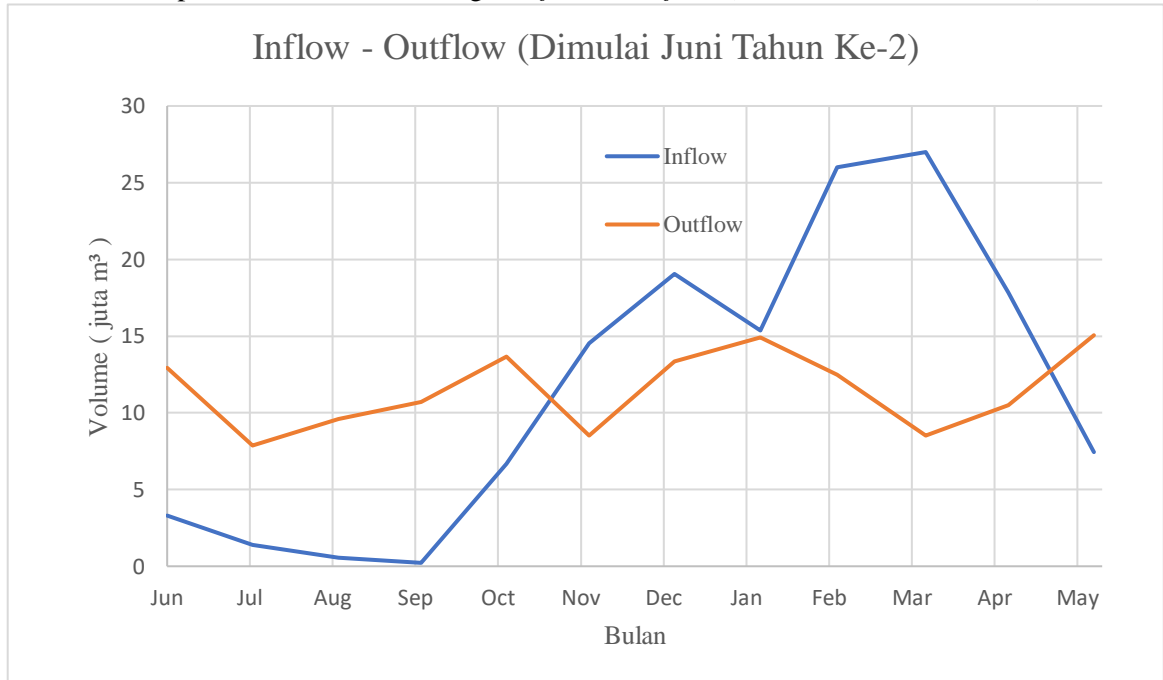




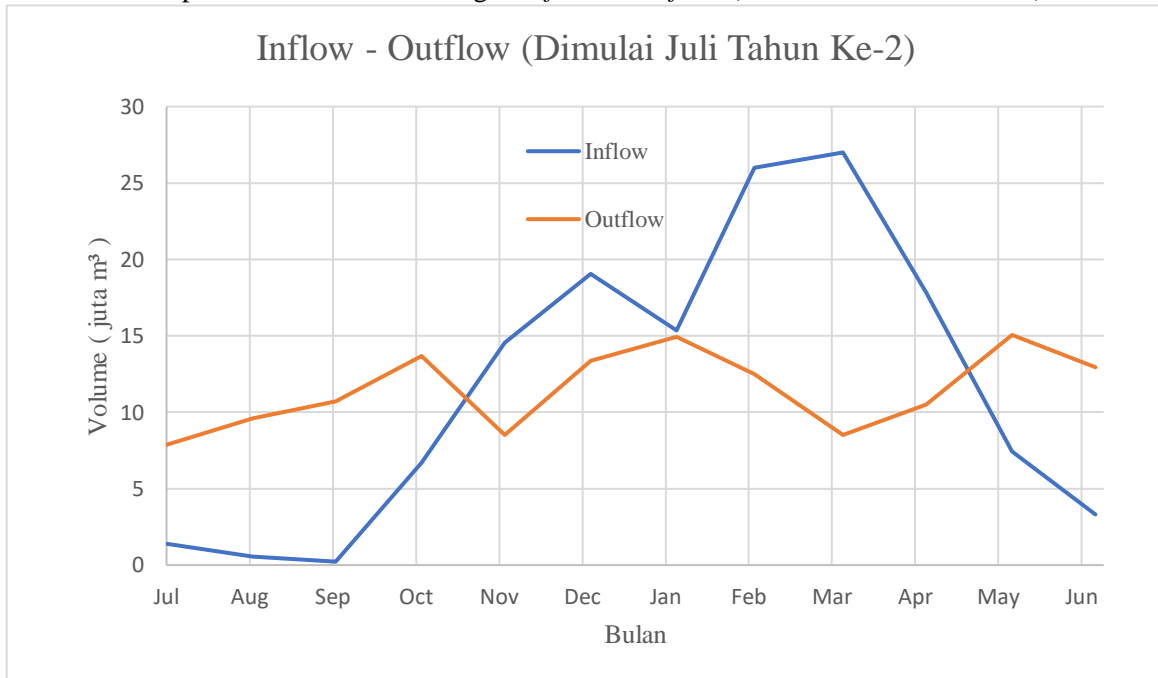
Lampiran F 26 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Agustus)

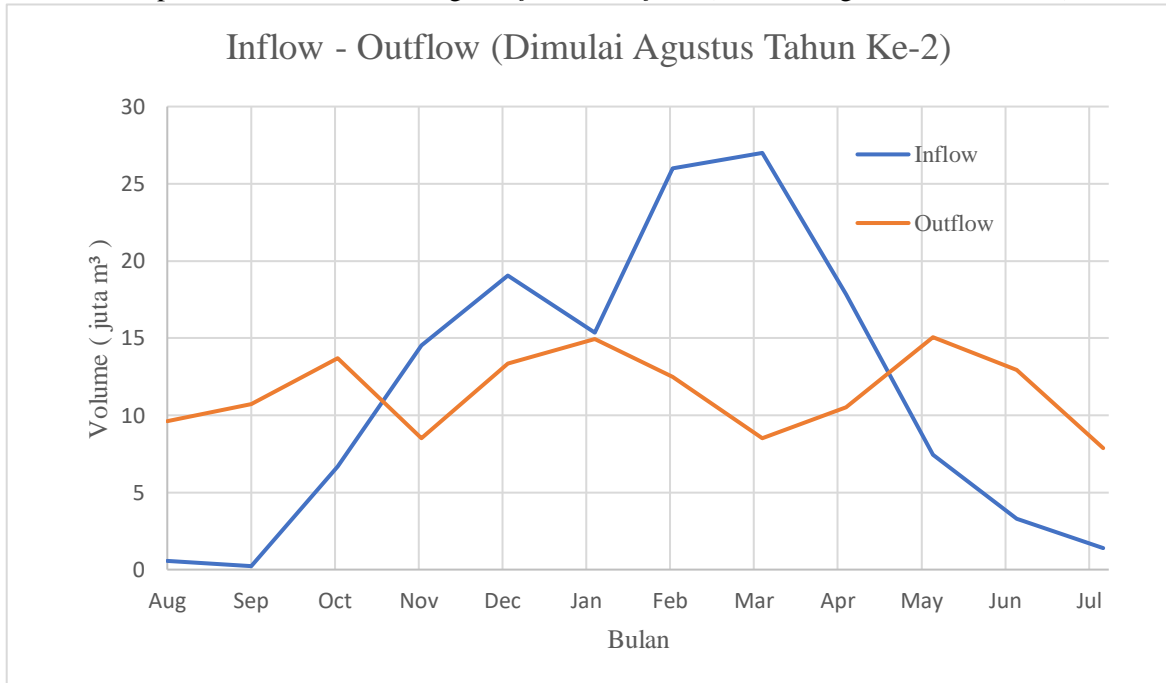
Lampiran F 27 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai September)



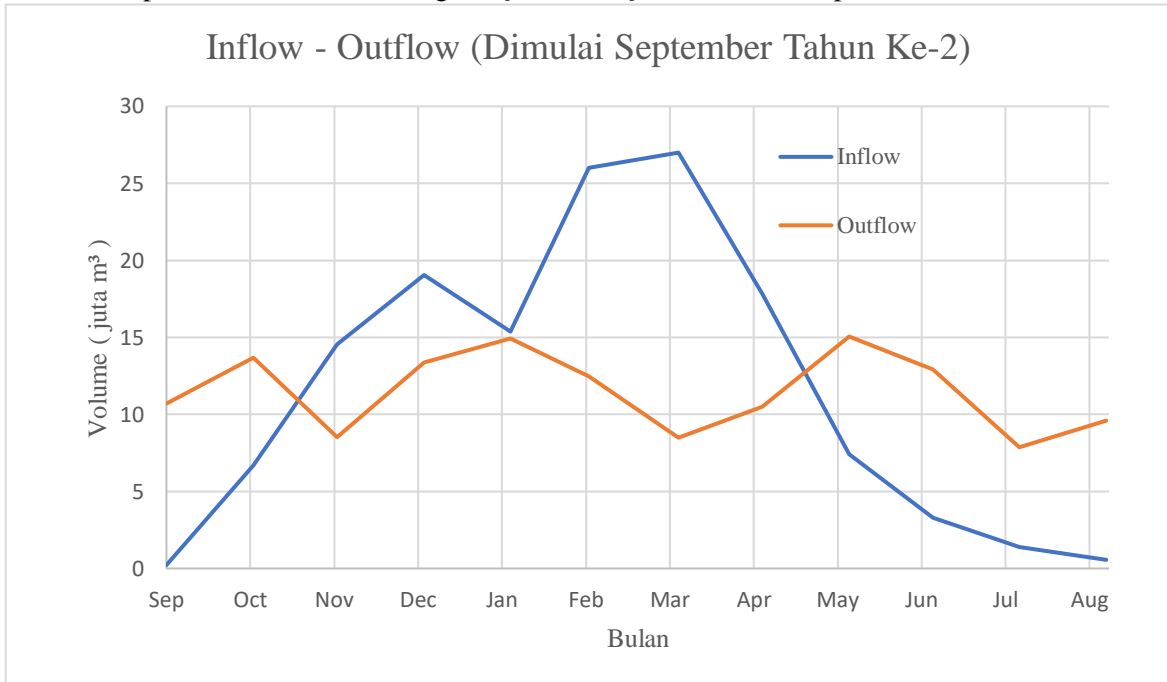
Lampiran F 28 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Juni Tahun Ke-2)

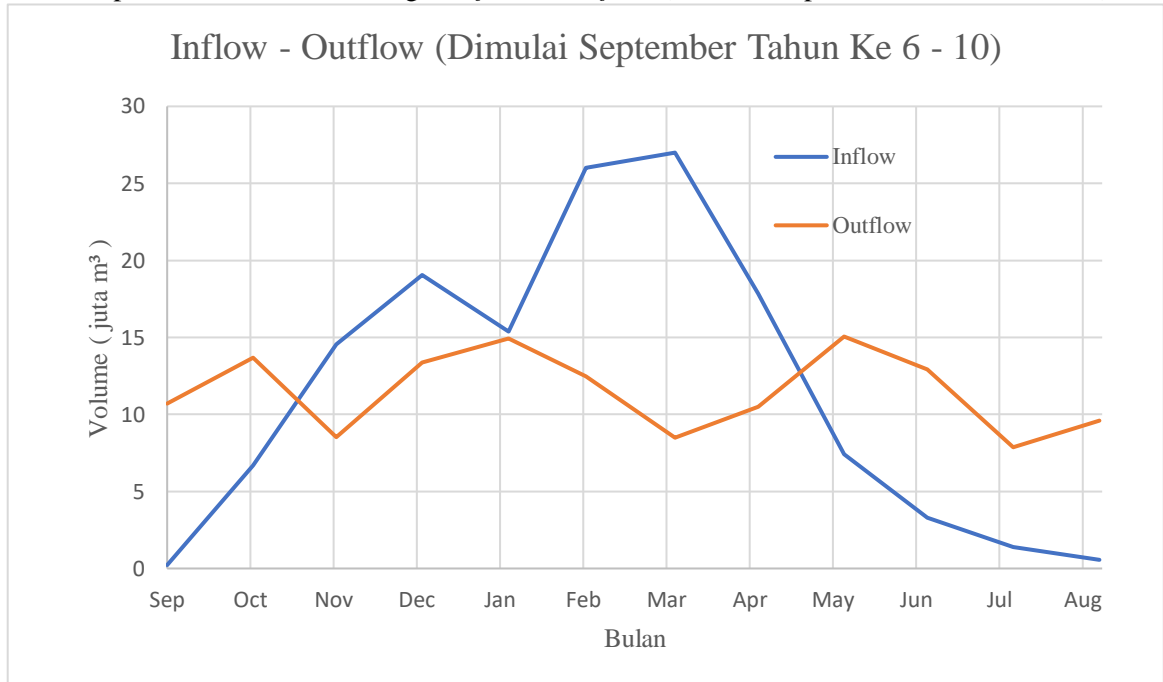
Lampiran F 29 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Juli Tahun Ke-2)



Lampiran F 30 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai Agustus Tahun Ke-2)

Lampiran F 31 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai September Tahun Ke-2)



Lampiran F 32 Grafik Hubungan *Inflow* – *Outflow* (Dimulai September Tahun Ke 6 - 10)

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama **Ahmad Tadia Yusuf** yang dilahirkan di Tuban, 20 Agustus 1997, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di MI Al-Falah Canga'an (Bojonegoro), SMP Plus Ar-Rahmat Bojonegoro, SMA Negeri Model Terpadu Bojonegoro. Setelah lulus dari SMA Negeri Model Terpadu tahun 2015, Penulis diterima di Departemen Teknik Sipil FTSLK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun yang sama melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan NRP 03111540000076. Selama kuliah di Departemen Teknik Sipil ITS penulis mengambil bidang studi Hidroteknik. Selama kuliah penulis aktif melakukan pengembangan diri khususnya dalam bidang manajerial. Pada beberapa kepanitiaan penulis pernah menjadi Koordinator Keamanan dan Perizinan Makrab LMB ITS 2016, Sie Keamanan dan Perizinan UKM EXPO ITS 2016. Sedangkan dalam organisasi penulis pernah menjadi Ketua ITS Qur'anic Studies 2018 - 2019, Wakil Ketua CECC - HMS ITS 2017 – 2018. Selain itu, penulis pernah mendapatkan Juara 2 Musabaqoh Tilawatil Qur'an tingkat ITS tahun 2017 dan 2018. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Penulis dapat dihubungi melalui : [ahmaddiaz.ad@gmail.com](mailto:ahmaddiaz.ad@gmail.com).



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. WASIS WARDOTO, MSc & NASTASIA FESTY M. ST. MT
NAMA MAHASISWA	: AHMAD TADIA YUSUF
NRP	: 03115190000076
JUDUL TUGAS AKHIR	: OPTIMALISASI PERENCANAAN PENGOPERASIAN WADUK BENDO PONOROGO
TANGGAL PROPOSAL	: 3 JANUARI 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	5/03 2019	Penentuan Output/hasil dari TA	Menentukan kebutuhan Air	ju
2.	13/03 2019	Penambahan kebutuhan Air	Dicari kebutuhan Air untuk Pemeliharaan Sungai	ju -
3.	22/03 2019	Data hujan terlalu jauh/kurang Update	Update data terbaru sampai thn 2018	ju -
4.	28/03 2019	Perhitungan Ketersediaan Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cek debit andalan dan metode FJ Mock</li> <li>Prediksi jumlah penduduk berdasarkan data yg ada saja</li> </ul>	ju -
5.	13/04 2019	Perhitungan kebutuhan Air Baku	<ul style="list-style-type: none"> <li>Satuan lebih diperhatikan.</li> <li>Jumlah penduduk &amp; kebutuhan air disesuaikan data yang tersedia.</li> </ul>	C



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)  
Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc & Nastasia Festy M, ST, MT
NAMA MAHASISWA	: Ahmad Tadia Yusuf
NRP	: 03111540000076
JUDUL TUGAS AKHIR	: Optimalisasi Perencanaan Pengoperasian Waduk Bendo Ponorego
TANGGAL PROPOSAL	: 3 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6	29/01/19	Analisa debit andalan - Penentuan nilai - metode debit	Pengoperasian Air	js -
7	6/05/19	Pengoperasian air	Finishing + Tanpa Jamb	Ce
8	17/05/19	IG Mock dan Optimalisasi	Tulisan	js -
9	21/05/19	Tulisan		Ce