

TUGAS AKHIR

**ANALISIS TINGKAT KEANDALAN WADUK BENDO
PONOROGO**

***(ANALYSIS OF RELIABILITY LEVEL OF BENDO
PONOROGO RESERVOIR)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Mokh. Zaki Setiawan

17511094

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – PROGRAM SARJANA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2023

TUGAS AKHIR

ANALISIS TINGKAT KEANDALAN WADUK BENDO PONOROGO

(ANALYSIS OF RELIABILITY LEVEL OF BENDO PONOROGO RESERVOIR)

Disusun Oleh

Mokh. Zaki Setiawan

17511094

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal

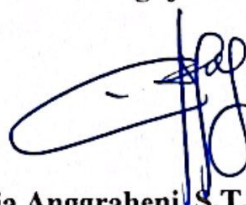
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

Penguji I



Dinia Anggraheni, S.T., M. Eng.
NIK: 165110105

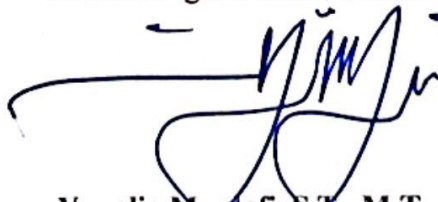
Penguji II



Shofwatul Fadilah, S.T.P., M. Eng.
NIK: 215111308

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Yunalia Murtafi, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 095110101




PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 11 Juli 2023
Yang membuat pernyataan,




Mokh. Zaki Setiawan
(17511094)

LEMBAR DEDIKASI

Tugas Akhir ini saya dedikasi kan kepada orang tua dan orang terdekat saya yang selalu memberikan dukungan selama menempuh kuliah.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Tingkat Keandalan Waduk Bendo Ponorogo*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil – Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak dan orang di sekitar, penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, nasihat, dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji I
3. Ibu Shofwatul Fadilah, S.T.P., M.Eng. selaku dosen penguji II
4. Proyek Pembangunan Bendungan Bendo (Lanjutan) yang telah berkenan memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan pengambilan data di proyek tersebut.
5. Orang tua dan keluarga besar yang selalu memberikan dukungan agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman teknik sipil angkatan 2017 terimakasih telah berjuang bersama-sama, saling menguatkan, mendoakan, memberikan semangat, dan berbagi pengalaman selama di kelas maupun di luar kelas.
7. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu, memberikan semangat, dan doa dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Semoga segala bantuan, bimbingan, dan pengajaran yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan dari Allah Subhanallahuwata'ala. Penulis

menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan serta jauh dari kata sempurna.

Yogyakarta, 11 Juli 2023
Penulis,



Mokh. Zaki Setiawan
17511094

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
LEMBAR DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.1.1 Studi Potensi SDA Pada Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang Untuk Pengendalian Banjir, Pengadaan Air Bersih dan PLTA	4
2.1.2 Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Kabupaten Manokwari dengan Model Mock	5
2.1.3 Studi Optimalisasi Pola Pengoperasian Waduk Bajulmati	5
2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	6
2.3 Keaslian Penelitian Sekarang	11
BAB III LANDASAN TEORI	12

3.1	Definisi Bendungan	12
3.2	Hidrologi	14
3.3	Analisis Hidrologi	14
3.3.1	Penentuan Curah Hujan Rata-Rata Wilayah	14
3.4	Perhitungan Evapotranspirasi	14
3.4	Analisa Hujan-Debit Metode F.J Mock	20
3.5	Debit Andalan	25
3.6	Kebutuhan Air Baku	25
3.7	Kebutuhan Air Irigasi	28
3.8	Neraca Air	32
3.9	Keandalan Bendungan	34
BAB IV METODE PENELITIAN		35
4.1	Lokasi Penelitian	35
4.2	Pengumpulan Data	35
4.3	Analisis Data	36
4.3.1	Analisis Ketersediaan Air	36
4.3.2	Analisis Kebutuhan Air	36
4.3.3	Analisis Neraca air	37
4.3.4	Analisis Keandalan Bendungan	37
4.4	Bagan Alir	38
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		39
5.1	Ketersediaan Air	39
5.1.1	Daerah Aliran Sungai (DAS)	39
5.1.2	Curah Hujan Wilayah	40
5.1.3	Evapotranspirasi	42
5.1.4	Nilai Pendugaan Parameter DAS	49
5.1.5	Debit Model F.J. Mock	49
5.1.6	Debit Andalan Metode F.J. Mock	59
5.2	Kebutuhan Air Baku	64
5.2.1	Kebutuhan Air Domestik	65
5.2.2	Kebutuhan Air Non Domestik	68

5.2.3 Jumlah Kebutuhan Air Baku	77
5.3 Kebutuhan Air Irigasi	79
5.4 Luas dan Volume Tampungan Bendungan	93
5.4.1 Kapasitas Tampungan Bendungan Bendo	93
5.4.2 Hubungan Luas dengan Volume Bendungan	93
5.5 Neraca Air dan Tingkat Keandalan	94
5.5.1 Analisis Ketersediaan Air	94
5.5.2 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan untuk Pelayanan Air Baku dan Air Irigasi	96
5.5.3 Simulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Tahun 2021	108
5.5.4 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan untuk Optimasi	120
5.6 Pembahasan	134
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	135
6.1 Kesimpulan	135
6.2 Saran	136
DAFTAR PUSTAKA	137
LAMPIRAN	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang	7
Tabel 3.1 Temperatur Uap Jenuh (e_a)	16
Tabel 3.2 Faktor Penimbang (W)	17
Tabel 3.3 Radiasi yang Sampai Bumi	18
Tabel 3.4 Pengaruh Temperatur Terhadap Nilai R_{n1}	20
Tabel 3.5 Angka Koreksi Penman (c)	20
Tabel 3.6 Kriteria Perencanaan Air Bersih	26
Tabel 3.7 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, IV	27
Tabel 3.8 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori V (Desa)	27
Tabel 3.9 Harga-Harga Koefisien Tanaman Padi	29
Tabel 3.10 Harga-Harga Koefisien Tanaman Palawija	30
Tabel 5.1 Data Curah Hujan Stasiun Sooko Tahun 2012 (mm)	40
Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Curah Hujan Tengah Bulanan Stasiun Sooko (mm)	41
Tabel 5.3 Data Klimatologi Stasiun Jiwana Bulan Januari Tahun 2021	42
Tabel 5.4 Rekapitulasi Data Klimatologi	43
Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tengah Bulanan Januari Sampai Juni 2021 (ET_0)	47
Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tengah Bulanan Juli Sampai Desember 2021 (ET_0)	48
Tabel 5.7 Nilai Parameter DAS	49
Tabel 5.8 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Tengah Bulan Januari – Juni Tahun 2012	54
Tabel 5.9 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Tengah Bulan Juli – Desember Tahun 2012	55
Tabel 5.10 Rekapitulasi Debit Perhitungan Tengah Bulan Januari – Juni Tahun 2012 – 2021 (m^3/s)	56
Tabel 5.11 Rekapitulasi Debit Perhitungan Tengah Bulan Juli – Desember Tahun 2012 – 2021 (m^3/s)	57

Tabel 5.12 Data Debit Terukur Tahun 2012 – 2021	59
Tabel 5.13 Debit Bulan Januari Periode 1 Tahun 2012 Setelah Diurutkan	60
Tabel 5.14 Nilai Probabilitas Pada Bulan Januari Periode 1 Tahun 2012	61
Tabel 5.15 Debit Andalan Terukur 90% (m ³ /s)	62
Tabel 5.16 Laju Pertumbuhan Penduduk	64
Tabel 5.17 Kebutuhan Air Baku untuk Sambungan Rumah Tangga	66
Tabel 5.18 Kebutuhan Air Baku untuk Sambungan Hidran Umum	67
Tabel 5.19 Kebutuhan Air Domestik	67
Tabel 5.20 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Pendidikan	68
Tabel 5.21 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Rumah Sakit	69
Tabel 5.22 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Puskesmas	70
Tabel 5.23 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Masjid	71
Tabel 5.24 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Mushola	72
Tabel 5.25 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Gereja	72
Tabel 5.26 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Pasar	73
Tabel 5.27 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Kantor	74
Tabel 5.28 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Hotel	75
Tabel 5.29 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Industri	76
Tabel 5.30 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Pariwisata	76
Tabel 5.31 Kebutuhan Air Baku Total	78
Tabel 5.32 Curah Hujan Bulan Januari Periode 1 Setelah Diurutkan	79
Tabel 5.33 Nilai Probabilitas Bulan Januari Periode 1	80
Tabel 5.34 Data Hujan Tahun 2012 – 2021 Setelah Diurutkan	81
Tabel 5.35 Hujan Andalan 80%	83
Tabel 5.36 Hujan Efektif (Re)	85
Tabel 5.37 Perhitungan Penyiapan Lahan	91
Tabel 5.38 Kebutuhan Air Irigasi	92
Tabel 5.39 Data Luas dan Volume Bendungan	93
Tabel 5.40 Volume Ketersediaan Air Bendungan Bendo	95
Tabel 5.41 Data Ketersediaan Air	96
Tabel 5.42 Data Kebutuhan Pengambilan untuk Air Irigasi	97

Tabel 5.43 Kebutuhan Air Baku	98
Tabel 5.44 Data Evaporasi	99
Tabel 5.45 Penentuan Nilai n	100
Tabel 5.46 Nilai <i>inflow</i> (I_n)	102
Tabel 5.47 Nilai <i>Outflow</i> (O_n)	103
Tabel 5.48 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Untuk Pelayanan Air Baku dan Air Irigasi	106
Tabel 5.49 Data Debit Perhitungan Tahun 2021 (m^3/s)	108
Tabel 5.50 Data Ketersediaan Air	108
Tabel 5.51 Data Kebutuhan Pengambilan untuk Air Irigasi	109
Tabel 5.52 Kebutuhan Air Baku	110
Tabel 5.53 Data Evaporasi	111
Tabel 5.54 Penentuan Nilai n	112
Tabel 5.55 Nilai <i>inflow</i> (I_n)	113
Tabel 5.56 Nilai <i>Outflow</i> (O_n)	114
Tabel 5.57 Rekapitulasi Simulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Tahun 2021	118
Tabel 5.58 Kebutuhan Air Baku Total untuk Optimasi	120
Tabel 5.59 Rekapitulasi Hasil Kebutuhan Air Irigasi untuk Optimasi	122
Tabel 5.60 Data Ketersediaan Air	123
Tabel 5.61 Data Kebutuhan Pengambilan untuk Air Irigasi	124
Tabel 5.62 Kebutuhan Air Baku Optimasi	124
Tabel 5.63 Data Evaporasi	125
Tabel 5.64 Penentuan Nilai n	126
Tabel 5.65 Nilai <i>inflow</i> Neraca Air Baku dan Irigasi (I_n) Optimasi	127
Tabel 5.66 Nilai <i>Outflow</i> Neraca Air Baku dan Irigasi (O_n) Optimasi	129
Tabel 5.67 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Untuk Pelayanan Air Baku dan Air Irigasi	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Karakteristik Bendungan	13
Gambar 4.1 Foto Lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Bendo	35
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 5.1 Peta Sub DAS Keyang	39
Gambar 5.2 Grafik Debit Terhitung Tahun 2012 – 2021 (m^3/s)	58
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Luas dan Volume Bendungan Bendo	94

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2012	140
Lampiran 2 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2013	141
Lampiran 3 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2014	142
Lampiran 4 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2015	143
Lampiran 5 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2016	144
Lampiran 6 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2017	145
Lampiran 7 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2018	146
Lampiran 8 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2019	147
Lampiran 9 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2020	148
Lampiran 10 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2021	149
Lampiran 11 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Januari 2021	150
Lampiran 12 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Februari 2021	151
Lampiran 13 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Maret 2021	152
Lampiran 14 Data Klimatologi Stasiun Jiwan April 2021	153
Lampiran 15 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Mei 2021	154
Lampiran 16 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Juni 2021	155
Lampiran 17 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Juli 2021	156
Lampiran 18 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Agustus 2021	157
Lampiran 19 Data Klimatologi Stasiun Jiwan September 2021	158
Lampiran 20 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Oktober 2021	159
Lampiran 21 Data Klimatologi Stasiun Jiwan November 2021	160
Lampiran 22 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Desember 2021	161
Lampiran 23 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2012	162
Lampiran 24 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2012	163
Lampiran 25 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2013	164

Lampiran 26 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2013	165
Lampiran 27 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2014	166
Lampiran 28 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2014	167
Lampiran 29 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2015	168
Lampiran 30 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2015	169
Lampiran 31 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2016	170
Lampiran 32 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2016	171
Lampiran 33 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2017	172
Lampiran 34 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2017	173
Lampiran 35 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2018	174
Lampiran 36 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2018	175
Lampiran 37 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2019	176
Lampiran 38 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2019	177
Lampiran 39 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2020	178
Lampiran 40 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2020	179

Lampiran 41 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2021	180
Lampiran 42 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2021	181

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AET	=	Evapotranspirasi aktual
BF	=	<i>Base flow</i>
c	=	Angka korelasi Penman
DAS	=	Daerah aliran sungai
DIC	=	<i>Dry infiltration coefficient</i>
DR	=	Kebutuhan air di pintu pengambilan
DRO	=	Aliran langsung
ea	=	Tekanan uap jenuh
ed	=	Tekanan uap aktual
EI	=	Efisiensi irigasi
ET ₀	=	Evapotranspirasi potensial
f(ed)	=	Koreksi akibat tekanan uap
f(n/N)	=	Koreksi penyinaran matahari
f(T)	=	Koreksi akibat temperatur
f(u)	=	Fungsi kecepatan angin
GWS	=	<i>Groundwater storage</i>
I	=	Infiltrasi
IGWS	=	<i>Initial groundwater storage</i>
I _n	=	Volume air yang masuk bendungan terdiri dari mata air dan air hujan dikurangi dengan penguapan dan rembesan periode ke-n
ISM	=	<i>Initial soil moisture</i>
K	=	Faktor resesi air tanah
Kc	=	Koefisien tanaman
m	=	<i>Expose surface</i>
n	=	Jumlah hari hujan dalam sebulan
NFR	=	Kebutuhan air di sawah
O _n	=	volume air yang keluar bendungan bulan ke n (pelayanan untuk air baku dan irigasi)

P	= curah hujan
Q _{cal}	= Debit terhitung
Q _{obs}	= Debit terukur
r	= Koefisien korelasi
R _n	= Radiasi penyinaran matahari
SMC	= <i>Soil moisture capacity</i>
SMS	= <i>Soil moisture storage</i>
S _n	= Volume tampungan awal periode ke n
S _{n+1}	= Volume tampungan awal periode ke n+1
TK	= Tingkat keandalan
TRO	= <i>Total Run Off</i>
VE	= <i>Volume error</i>
W	= Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari
WIC	= <i>Wet infiltration coefficient</i>
WS	= <i>Water surplus</i>

ABSTRAK

Penelitian analisis tingkat keandalan Bendungan Bendo Ponorogo di latarbelakangi oleh daerah sekitar bendungan yang mengalami kekeringan saat musim kemarau dan banjir saat musim hujan. Selain itu juga pertumbuhan penduduk yang meningkat setiap tahunnya sehingga mempengaruhi kebutuhan air yang mengakibatkan ketidakseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Bendungan Bendo diharapkan dapat menampung air hujan yang jatuh diatas bendungan maupun dari sungai sehingga dapat difungsikan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada sawah dan untuk keperluan air baku masyarakat sehingga kebutuhan air dapat terus terpenuhi sepanjang tahun.

Perhitungan ini meliputi analisis hidrologi, analisis karakteristik bendungan, analisis ketersediaan air menggunakan metode F.J. Mock, analisis kebutuhan air dan analisis keandalan. Analisis keandalan bendungan diperoleh dari simulasi neraca air dan tingkat keandalan bendungan untuk pelayanan kebutuhan air masyarakat.

Kapasitas tampungan bendungan sebesar 43.114.234,00 m³ dengan jumlah tampungan hidup sebesar 33.938.148,00 m³ dan tampungan mati sebesar 9.176.086,00 m³. Tingkat keandalan bendungan Bendo untuk memenuhi kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun sampai tahun 2031 dan kebutuhan air irigasi dengan luas sawah 3299 ha diperoleh tingkat keandalan terbesar terjadi pada bulan April periode I yaitu 96,58% dan tingkat keandalan terkecil terjadi pada bulan November periode I yaitu 2,61%. Tingkat keandalan kedua untuk simulasi dengan menggunakan data debit terhitung pada tahun 2021 diperoleh tingkat keandalan rerata sebesar 66,67% dan terdapat 6 periode yang belum terpenuhi. Maka dilakukan optimasi untuk mendapatkan tingkat keandalan 100% dengan luas sawah 600 ha dan jumlah penduduk 230.154 jiwa untuk Kecamatan Sawoo, Kecamatan Mlarak, dan Kecamatan Badegan, sehingga diperoleh hasil tingkat keandalan rerata 100% pada setiap bulannya.

Kata kunci: bendungan, ketersediaan air, neraca air, tingkat keandalan

ABSTRACT

Research on the analysis of the reliability level of the Bendo Ponorogo Dam is motivated by the area around the dam which experiences drought during the dry season and floods during the rainy season. Apart from that, population growth is also increasing every year so that it affects the need for water which results in an imbalance between water availability and water demand. The Bendo Dam is expected to be able to accommodate rainwater that falls on the dam and from the river so that it can be used to meet the needs for irrigation water in rice fields and for community raw water needs so that water needs can continue to be met throughout the year.

This calculation includes hydrological analysis, dam characteristic analysis, water availability analysis using Mock model parameter estimation, water demand analysis and reliability analysis. Dam reliability analysis is obtained from water balance simulations and the reliability level of the dam to serve the community's water needs.

The dam storage capacity is 43.114.234,00 m³ with a total living capacity of 33.938.148,00 m³ and dead storage of 9.176.086,00 m³. The level of reliability of the Bendo dam to meet raw water needs with a 10 year projection until 2031 and irrigation water needs with a rice field area of 3.299 ha obtained the highest level of reliability occurred in April period I, namely 96,58% and the smallest level of reliability occurred in November period I namely 2,61%. The second level of reliability for simulations using debit data calculated in 2021 obtained an average level of reliability of 66,67% and there were 6 periods that had not been met. So optimization was carried out to obtain a reliability level of 100% with a rice field area of 600 ha and a population of 230.154 people for Sawoo District, Mlarak District, and Badegan District, so that an average reliability level of 100% was obtained every month.

Keywords: dam, water availability, water balance, level of reliability

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup dan bersifat permanen jika dikelola dengan baik dan efisien. Namun dengan pertambahan jumlah dan perkembangan penduduk yang cukup pesat, maka pemanfaatan sumber air tersebut menjadi terbatas. Oleh karena itu diperlukan perencanaan sumber daya air yang memadai sehingga dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Kabupaten Ponorogo mempunyai potensi sumber daya air permukaan yang bagus seperti sungai-sungai Bendo dan Sungai Madiun, beserta anak - anak sungainya. Namun demikian bangunan sarana penunjang pemanfaatan sumber daya air masih perlu ditingkatkan lagi. Bendungan merupakan suatu bangunan yang berfungsi untuk menahan dan menampung air pada musim hujan dan dapat difungsikan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada sawah dan keperluan air baku masyarakat di sepanjang tahun.

Lokasi Bendungan Bendo terletak di Sungai Kali Keyang atau juga dikenal dengan nama Kali Ngindeng di Dusun Bendo, Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo. Lokasi Bendungan Bendo secara morfologi merupakan daerah perbukitan bergelombang, dengan ketinggian berkisar antara elevasi +150 m sebagai dasar Sungai Keyang sampai elevasi +450 m, yaitu daerah Gunung Tumpak Bengle di sebelah selatan rencana lokasi bendungan. Daerah ini sering mengalami kekeringan pada saat musim kemarau dan banjir saat musim hujan. Selain itu juga pertumbuhan penduduk yang meningkat setiap tahunnya sehingga mempengaruhi kebutuhan air yang mengakibatkan ketidakseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air.

Pembangunan Bendungan Bendo ini merupakan upaya untuk penyimpanan air tanah dan air hujan serta untuk mengembangkan daerah Kabupaten Ponorogo yang berkaitan dengan pengembangan sumber daya air, guna memenuhi berbagai

keperluan masyarakat, seperti penyediaan air irigasi seluas 3299 Ha, air baku untuk kebutuhan masyarakat baik kebutuhan air domestik maupun non domestik. Proyek Bendungan Solo sebagai pemrakarsa proyek merencanakan pembangunan Bendungan Bendo yang berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan air baku penduduk dan meningkatkan intensitas tanam padi kota Ponorogo.

Berdasarkan hal di atas, maka diperlukan studi untuk menganalisis tingkat keandalan Bendungan Bendo dalam melayani kebutuhan air baku dan air irigasi di Kabupaten Ponorogo agar pemanfaatan air dapat lebih optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapa ketersediaan air Bendungan Bendo?
2. Berapa kebutuhan air baku dan air irigasi di daerah bendungan?
3. Bagaimana tingkat keandalan Bendungan Bendo?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui debit ketersediaan air Bendungan Bendo.
2. Mengetahui kebutuhan air baku dan air irigasi di daerah bendungan.
3. Mengetahui tingkat keandalan Bendungan Bendo untuk memenuhi kebutuhan air baku dan air irigasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

Dari tugas akhir ini, diharapkan dapat memberikan informasi dan dapat dijadikan referensi dalam penyusunan tugas akhir tentang tingkat keandalan bendungan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah perlu agar dapat terfokus pada tujuan yang akan dicapai. Adapun Batasan-batasan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian dilakukan pada Bendungan Bendo, Kabupaten Ponorogo.
2. Bendungan Bendo berfungsi untuk memenuhi kebutuhan irigasi dan kebutuhan air baku penduduk.
3. Data hujan dari Stasiun Sooko, Kabupaten Ponorogo dari tahun 2012-2021.
4. Data klimatologi (temperatur, kecepatan angin, kelembaban udara, dan lama penyinaran matahari) dari Stasiun Jiwan, Kabupaten Madiun pada tahun 2021.
5. Menghitung Evapotranspirasi Potensial (ET_0) menggunakan metode modifikasi Penman.
6. Analisis ketersediaan air menggunakan metode F.J. Mock.
7. Tidak melakukan peninjauan terhadap operasional bendungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka pada penelitian ini menggunakan beberapa penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, antara lain:

2.1.1 Studi Potensi SDA Pada Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang Untuk Pengendalian Banjir, Pengadaan Air Bersih dan PLTA

Penelitian dilakukan oleh Hilda Mauliza (2020). Penelitian dilatarbelakangi oleh banjir di Kota Medan yang terjadi akibat besarnya debit banjir Sungai Pecut dan Sungai Deli, kebutuhan energi listrik dan pasokan air baku semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besar tampungan maksimum agar pemanfaatan air yang masuk ke dalam waduk dapat lebih optimal dan untuk mendapatkan hubungan volume ketersediaan air dengan kebutuhan air.

Penelitian ini menggunakan data sekunder curah hujan 12 tahun dan data debit aliran sungai 7 tahun, peta DAS dan data karakteristik waduk. Metode yang digunakan dalam menganalisis banjir yaitu HSS *Nakayasu* kemudian analisis penelusuran banjir menggunakan *flood routing*, potensi waduk menggunakan *mass curve* yang menggunakan perhitungan debit *inflow* dan *outflow* yang masuk pada waduk sehingga didapatkan hubungan volume ketersediaan air dan kebutuhan air, selanjutnya analisis PLTA.

Hasil yang didapatkan dari analisis ini adalah debit banjir metode HSS *Nakayasu* periode 1000 tahun sebesar *inflow* 840,606 m³/s, analisis *flood routing outflow* maksimum yang melewati pelimpah 761,961 m³/s pada elevasi 250,229 m dengan tinggi jagaan 3,271 m. Debit ketersediaan sungai dari perhitungan debit sungai AWLR Tembung – Pecut sesuai dengan konversi luasan DAS didapatkan debit *inflow* rata-rata 5,01 m³/s dan debit *outflow* rata-rata 4,76 m³/s berdasarkan perhitungan debit *F.J Mock*. Debit penyediaan air bersih sebesar 4,6839 m³/s. Bendungan ini hanya memiliki satu inlet pengambil penyediaan air untuk PLTA

yang dapat membangkitkan daya listrik sebesar 2,1 MW dan energi listrik mencapai 18396 MWh. Berdasarkan hasil perhitungan tampungan *mass source* untuk memenuhi permintaan, volume penyimpanan waduk adalah 88,431 juta m³, namun berdasarkan hubungan antara luas muka air, volume, dan elevasi, tampungan Bendungan Lau Simeme hanya 21,07 juta m³ (Mauliza, 2020).

2.1.2 Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Kabupaten Manokwari dengan Model Mock

Penelitian ini dilakukan oleh Prima Jiwa Osly, Irfan Ihsani, Rhonny Einstein Ririhena, dan Fulki Dwiyanandi Araswati pada tahun 2018. Studi kasus berada di Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat. Latar belakang dari penelitian ini adalah perkembangan penduduk dan perekonomian yang terjadi di Kabupaten Manokwari sehingga perlu diperhatikan dalam penyediaan air minum dan sumber daya air yang meliputi saluran irigasi, sungai dan itu merupakan bagian dari aspek sumber daya air untuk menunjang kebutuhan. Maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi ketersediaan air berdasarkan debit andalan dan besar kebutuhan air di Kabupaten Manokwari, sehingga diharapkan dapat memenuhi kebutuhan wilayah tersebut.

Penelitian ini menggunakan metode FJ. Mock dengan mengalokasikan pendekatan model hujan aliran (*rainfall-run off model*) menggunakan data curah hujan, evapotranspirasi potensial, dan karakteristik hidrologi yang digunakan untuk memperkirakan besar debit sungai dengan interval waktu bulanan.

Hasil dari penelitian ini diperoleh debit andalan tahunan dengan kemungkinan terpenuhi 50% adalah sebesar $Q = 178.352$ (m³/det) dan debit andalan 80% sebesar $Q = 152.405$ (m³/det). Potensi kebutuhan air Kabupaten Manokwari pada tahun 2018 adalah sebesar 398.570.549 m³, sehingga Kabupaten Manokwari memiliki surplus air baku yang dapat lebih dimanfaatkan.

2.1.3 Studi Optimalisasi Pola Pengoperasian Waduk Bajulmati

Penelitian Tugas Akhir dilakukan oleh Tika Morena Nuramini (2017). Lokasi penelitian berada di Waduk Bajulmati, Desa Watukebo, Kecamatan Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi. Waduk ini terletak di dua kabupaten yaitu Kabupaten Banyuwangi dan Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur. Latar

belakang dilakukannya penelitian ini adalah belum optimalnya pemanfaatan waduk karena terjadi masalah keterbatasan air. Padahal pada daerah tersebut merupakan salah satu daerah pertanian yang cukup besar. Penyediaan kebutuhan air baku untuk masyarakat juga belum tercukupi secara maksimal. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar debit dan mengetahui besar kebutuhan air baku yang tersedia pada Waduk Bajulmati.

Penelitian diawali dengan menganalisis data sekunder yang didapat. Kemudian data-data diolah untuk mendapatkan besar debit waduk dan kebutuhan air untuk irigasi, kebutuhan air baku dan potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLMH). Diakhiri dilakukan simulasi pola pengoperasian waduk.

Hasil yang didapat adalah debit tersedia bangkitan data FJ Mock (inflow) selama tahun 2017-2036 didapatkan nilai debit tersedia terbesar $15,773 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan debit tersedia terkecil adalah $0,002 \text{ m}^3/\text{detik}$, besar kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi (DI) Bajulmati maksimum untuk padi sebesar $1389,89 \text{ liter/detik}$ dan palawija sebesar $62,44 \text{ liter/detik}$, besar kebutuhan air baku pada kondisi normal sebesar $107,28 \text{ liter/detik}$, pada kondisi hari maksimum sebesar $123,37 \text{ liter/detik}$, dan pada kondisi jam puncak sebesar $187,74 \text{ liter/detik}$. Kemudian dari perhitungan produksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLMH) dengan menggunakan debit andalan 95% sebesar $1,177 \text{ m}^3/\text{detik}$, didapatkan daya listrik yang dihasilkan sebesar $350,9 \text{ kW}$ (Nuramini, 2017).

2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Berdasarkan tinjauan pustaka yang sudah ada tentunya terdapat kesamaan seperti dalam pemilihan metode yang dipakai. Selain itu juga terdapat perbedaan dari berbagai faktor, misalnya faktor hidrologi, klimatologi dan faktor lainnya karena kondisi di lapangan yang berbeda. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Hilda Mauliza (2020)	Prima Jiwa Osly dkk (2018)	Tika Morena Nuramini (2017)	Mokh. Zaki Setiawan (2021)
Karya Tulis	Tugas Akhir	Jurnal	Tugas Akhir	Tugas Akhir
Judul	Studi Potensi SDA Pada Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang Untuk Pengendalian Banjir, Pengadaan Air Bersih dan PLTA	Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Kabupaten Manokwari dengan Model Mock	Studi Optimalisasi Pola Pengoperasian Waduk Bajulmati	Analisis Tingkat Keandalan Waduk Bendo Ponorogo
Lokasi	Bendungan Lau Simeme, Desa Rumah Gerat, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara	Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat	Waduk Bajulmati, Desa Watukebo, Kecamatan Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi	Bendungan Bendo, Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa timur
Tujuan	<ul style="list-style-type: none"> a. Menentukan elevasi muka air banjir maksimal b. Mengetahui tingkat keamanan puncak bendungan saat 	Mengetahui seberapa besar potensi ketersediaan air berdasarkan debit andalan dan seberapa	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengetahui besar debit yang tersedia b. Mengetahui besar kebutuhan air untuk kebutuhan irigasi 	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengetahui debit ketersediaan air Bendungan Bendo b. Mengetahui kebutuhan air baku dan air irigasi

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Hilda Mauliza (2020)	Prima Jiwa Osly dkk (2018)	Tika Morena Nuramini (2017)	Mokh. Zaki Setiawan (2021)
Karya Tulis	Tugas Akhir	Jurnal	Tugas Akhir	Tugas Akhir
	dalam kondisi kritis c. Menghitung debit <i>inflow</i> d. Menghitung debit <i>outflow</i> e. Potensi waduk	besar kebutuhan air di Kabupaten Manokwari	berdasarkan pola tanam c. Mengetahui besar kebutuhan air baku d. Mengetahui besar potensi PLTMH e. Mengetahui analisis simulasi pola pengoperasian untuk 20 tahun mendatang	c. Mengetahui tampungan Bendungan Bendo d. Mengetahui tingkat keandalan bendungan
Metode	a. Analisa debit banjir menggunakan metode HSS <i>Nakayasu</i> b. Analisa ketersediaan air menggunakan metode <i>F.J Mock</i>	a. Analisa ketersediaan air menggunakan metode <i>F.J Mock</i>	a. Analisa curah hujan efektif menggunakan metode <i>Polygon Thiessen</i> b. Analisa ketersediaan air menggunakan metode <i>F.J Mock</i>	a. Analisis hidrologi untuk curah hujan b. Analisis ketersediaan air menggunakan metode <i>F.J. Mock</i> c. Analisis kebutuhan air

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Hilda Mauliza (2020)	Prima Jiwa Osly dkk (2018)	Tika Morena Nuramini (2017)	Mokh. Zaki Setiawan (2021)
Karya Tulis	Tugas Akhir	Jurnal	Tugas Akhir	Tugas Akhir
				d. Simulasi tampungan dan keandalan bendungan
Hasil	a. Analisis debit banjir menggunakan metode HSS <i>Nakayasu</i> dengan periode 1000 tahun diperoleh <i>inflow</i> sebesar 840,606 m ³ /s dan analisis <i>flood routing outflow</i> maksimum yang melewati pelimpah sebesar 761,961 m ³ /s dengan tinggi jagaan 3,271 m, maka kondisi bendungan aman terhadap limpasan banjir.	a. Debit andalan tahunan dengan kemungkinan terpenuhi 50% sebesar 178.352 m ³ /s dan debit andalan 80% sebesar 152.405 m ³ /s. b. Potensi ketersediaan air tahun 2018 adalah sebesar 389.570.549 m ³ . c. Total kebutuhan air untuk penggunaan sebanyak 66.629.639 m ³ .	a. Debit tersedia bangkitan dengan metode F.J Mock selama tahun 2017-2036 adalah sebesar 15,773 m ³ /s b. Kebutuhan air baku pada kondisi normal sebesar 107,28 liter/detik; pada kondisi hari maksimum sebesar 123,37 liter/detik; dan pada kondisi jam puncak sebesar 187,74 liter/detik.	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

Peneliti	Hilda Mauliza (2020)	Prima Jiwa Osly dkk (2018)	Tika Morena Nuramini (2017)	Mokh. Zaki Setiawan (2021)
Karya Tulis	Tugas Akhir	Jurnal	Tugas Akhir	Tugas Akhir
	b. Ketersediaan sungai dari perhitungan debit. sungai rata-rata 5,01 m ³ /s dan berdasarkan metode F.J Mock diperoleh rata-rata 4,76 m ³ /s.		c. Perhitungan PLTMH menggunakan debit andalan 95% sebesar 1,177 m ³ /s daya listrik yang dihasilkan sebesar 350,9 kW. d. Keandalan waduk adalah sebesar 96,94% dengan kegagalan sebesar 3,06%.	

2.3 Keaslian Penelitian Sekarang

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan terdapat penelitian dengan metode yang sejenis. Tetapi, meskipun terdapat kesamaan metode tentu hasilnya akan berbeda karena penelitian ini dipengaruhi oleh adanya faktor topografi, hidrologi, klimatologi dan sebagainya di setiap tempat yang berbeda.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Definisi Bendungan

Bendungan adalah sarana pemanfaatan sumber daya air yang berfungsi sebagai penyimpan dan penyedia air, baik sebagai kebutuhan air irigasi maupun untuk air baku. Bendungan dapat menampung air pada kelebihan air pada masa-masa aliran air tinggi kemudian digunakan selama masa kekeringan. selain untuk menampung air bendungan juga berfungsi menahan banjir sehingga memperkecil kerusakan banjir di hilir bendungan.

Berdasarkan kegunaan tersebut maka potensi bendungan dalam menampung air dapat dibedakan menjadi 3 bagian (*zone*), yaitu:

1. Kapasitas mati (*dead storage zone*) digunakan untuk menampung sedimen.
2. Kapasitas efektif (*effective/usefull storage*) yaitu kapasitas yang digunakan untuk konservasi sumber air (penyediaan air baku, irigasi, dll), sehingga setiap pemanfaatan bendungan dapat memenuhi kapasitas efektif bendungan.
3. Kapasitas penahan banjir (*flood control*) merupakan kapasitas bendungan yang bertujuan menahan kelebihan air guna mengurangi potensi kerusakan akibat banjir.

Pembagian daerah (*Zone*) tampungan pada bendungan ada beberapa yaitu:

1. Permukaan genangan normal (*normal water level*)
Elevasi maksimum kenaikan permukaan bendungan pada kondisi operasi biasa, genangan bendungan normal pada kebanyakan bendungan ditentukan oleh elevasi mercu pelimpah.
2. Permukaan genangan minimum (*low water level*)
Elevasi terendah yang diperoleh apabila genangan dilepaskan pada kondisi normal. Permukaan ini ditentukan oleh elevasi dari bangunan pelepasan (*intake*) terendah dalam bendungan atau elevasi minimum yang ditentukan untuk operasi pada bendungan yang berfungsi sebagai pembangkit listrik.
3. Tampungan efektif (*effective storage*)

Tampungan yang berada diantara genangan minimum dan genangan normal. Tampungan mati (*dead storage*) yaitu tampungan yang berada dibawah genangan minimum dan berfungsi untuk menampung sedimen. Apabila volume sedimen yang ditampung lebih besar dari kapasitas yang dicadangkan berarti usia guna bendungan telah berakhir.

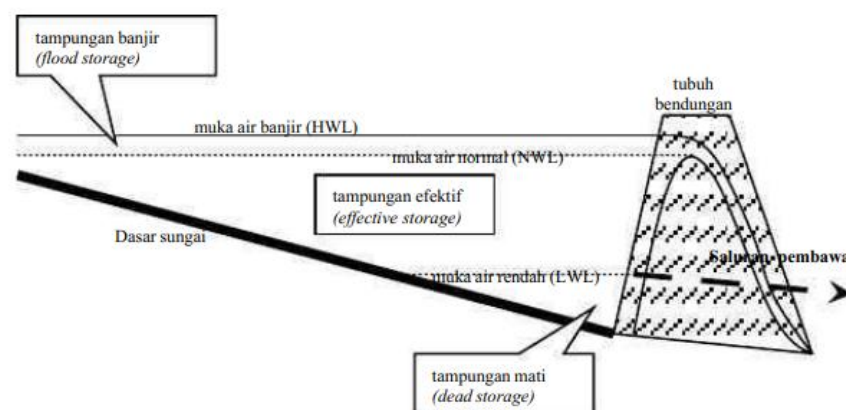
Berdasarkan fungsinya, bendungan diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu:

1. Bendungan eka guna (*single purpose*)

Bendungan eka guna yaitu bendungan yang hanya dioperasikan untuk memenuhi satu kebutuhan saja, seperti untuk kebutuhan air irigasi, kebutuhan air baku, atau PLTA. Pengoperasian bendungan lebih mudah karena tidak adanya konflik kepentingan di dalamnya. Pada bendungan eka guna pengoperasian nya hanya mempertimbangkan pemenuhan satu kebutuhan.

2. Bendungan multi guna (*multi purpose*)

Bendungan multi guna yaitu bendungan yang berfungsi untuk memenuhi berbagai kebutuhan, seperti untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, air baku, dan PLTA. Kombinasi dari kebutuhan ini dimaksudkan dapat mengoptimalkan fungsi bendungan dan meningkatkan kelayakan pembangunan suatu bendungan.



Gambar 3.1 Karakteristik Bendungan

sumber: www.scribd.com

3.2 Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang sistem kejadian air di atas permukaan dan di dalam tanah atau di bawah permukaan. Hidrologi meliputi berbagai bentuk air, termasuk transformasi antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Mencakup air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008).

3.3 Analisis Hidrologi

3.3.1 Penentuan Curah Hujan Rata-Rata Wilayah

Penentuan hidrologi daerah aliran sungai memerlukan perhitungan hujan rata-rata karena hujan yang terjadi distribusinya dianggap merata pada suatu daerah sungai yang intensitasnya berbeda-beda. Dalam analisis hidrologi dibutuhkan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut. Dalam penelitian ini hanya ada satu stasiun hujan Sooko sehingga langsung menggunakan data curah hujan tersebut.

3.4 Perhitungan Evapotranspirasi

Dalam mempelajari kondisi hidrologi dari suatu DAS dalam pengolahan sumber daya air umumnya memerlukan data kehilangan air total yang antara lain disebabkan oleh penguapan total, atau pada umumnya disebut dengan evapotranspirasi, yaitu penguapan dari seluruh tubuh air, tanah, tumbuh-tumbuhan dan permukaan bumi yang lain seperti salju, es, serta transpirasi dari vegetasi. Dengan demikian evapotranspirasi dapat diartikan sebagai proses perubahan molekul air dari permukaan bumi, tanah dan vegetasi menjadi uap dan kembali lagi ke atmosfer. Menurut Triatmodjo (2008), evapotranspirasi adalah evaporasi dari permukaan lahan yang ditumbuhi tanaman. Berkaitan dengan tanaman, evapotranspirasi adalah sama dengan kebutuhan air konsumtif yang didefinisikan sebagai penguapan total dari lahan dan air yang diperlukan oleh tanaman. Dalam praktik hitungan evaporasi dan transpirasi dilakukan secara bersama-sama. Evapotranspirasi dipengaruhi oleh faktor tanaman dan iklim, sehingga pada setiap

daerah dan setiap tanaman mempunyai nilai tertentu. Faktor tanaman tersebut dipengaruhi oleh jenis tanaman, varietas tanaman, dan umur pertumbuhan tanaman. Sedangkan faktor iklim dipengaruhi oleh suhu, kecerahan matahari, kelembaban udara relatif, dan kecepatan angin.

1. Radiasi matahari

Evaporasi merupakan konversi air ke dalam uap air. Proses ini terjadi hampir tanpa berhenti di siang hari dan kerap kali juga di malam hari. Perubahan dari keadaan cair menjadi gas ini memerlukan input energi yang berubah panas latent untuk evaporasi. Proses tersebut akan sangat aktif jika ada penyinaran langsung dari matahari. Awan merupakan penghalang radiasi matahari dan akan mengurangi input energi, jadi akan menghambat proses evaporasi.

2. Angin

Jika air menguap ke atmosfer maka lapisan batas antara tanah dengan udara menjadi jenuh oleh uap air sehingga proses evaporasi berhenti. Agar proses tersebut berjalan terus menerus lapisan jenuh itu harus diganti dengan udara kering. Pergantian itu dapat dimungkinkan hanya kalau ada angin, jadi kecepatan angin memegang peranan penting dalam proses evaporasi.

3. Kelembaban relatif

Faktor lain yang mempengaruhi evaporasi adalah kelembaban relatif udara. Jika kelembaban relatif ini naik, kemampuannya untuk menyerap uap air akan berkurang sehingga laju evaporasi nya akan menurun. Penggantian lapisan udara pada batas tanah dan udara dengan udara yang sama kelembaban relatifnya tidak akan menolong untuk memperbesar laju evaporasi. Ini hanya dimungkinkan jika diganti dengan udara yang lebih kering.

4. Suhu

Seperti disebutkan diatas suatu input energi sangat diperlukan agar evaporasi berjalan terus. Jika suhu udara dan tanah cukup tinggi, proses evaporasi akan berjalan lebih cepat dibandingkan jika suhu udara dan tanah rendah, karena adanya energi panas yang tersedia. Karena kemampuan udara untuk menyerap uap air akan naik jika suhunya naik, maka suhu udara mempunyai efek ganda

terhadap besarnya evaporasi, sedangkan suhu tanah dan air hanya mempunyai efek tunggal.

Perhitungan evapotranspirasi dengan metode penman modifikasi adalah sebagai berikut.

$$ET_0 = c ((W.R_n + (1-W).f(u).(e_a - e_d)) \quad (3.1)$$

dimana:

E_{t0} = evapotranspirasi (mm/hari)

c = faktor penyesuaian kondisi cuaca akibat siang dan malam

W = faktor pembobotan yang mempengaruhi dari temperatur dan ketinggian tempat

R_n = radiasi penyinaran matahari (mm/hari)

$(1-W)$ = faktor bobot yang dipengaruhi oleh angin dan kelembaban

$f(U)$ = fungsi kecepatan angin

e_a = tekanan uap jenuh tergantung dari temperatur (mbar)

e_d = tekanan uap aktual (mbar)

$(e_a - e_d)$ = selisih tekanan uap jenuh dan aktual pada temperatur rata-rata udara

Berikut adalah faktor-faktor perhitungan evapotranspirasi metode Penman Modifikasi.

1. Faktor Tekanan Uap Jenuh (e_a)

Nilai tekanan uap jenuh (e_a) dipengaruhi oleh nilai temperatur udara. Untuk menentukan nilai tekanan uap jenuh (e_a) dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Temperatur Uap Jenuh (e_a)

Temp (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
e_a (mbar)	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1	8,7	9,8	10,0	10,7	11,5
Temp (°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
e_a (mbar)	12,3	13,1	14,0	15,0	16,1	17,0	18,2	19,4	20,6	22,0
Temp (°C)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
e_a (mbar)	23,4	24,9	26,4	28,1	29,8	31,7	33,6	35,7	37,8	40,1

Lanjutan Tabel 3.1 Temperatur Uap Jenuh (e_a)

Temp (°C)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
e_a (mbar)	42,4	44,9	47,6	50,3	53,2	56,2	59,4	62,8	66,3	69,9

Sumber: Departemen Pertanian (1977)

2. Faktor Tekanan Uap Aktual (e_d)

Nilai tekanan uap aktual (e_d) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$e_d = e_a \times (RH/100) \quad (3.2)$$

dengan:

e_d = Tekanan uap aktual (mbar)

e_a = Tekanan uap jenuh (mbar)

RH = Kelembapan udara (%)

3. Faktor Penyinaran Matahari (W)

Faktor berat adalah faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial (ET_0). Faktor penyinaran matahari (W) merupakan hubungan antara temperatur dengan ketinggian. Untuk menentukan nilai faktor penyinaran matahari (W) dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Faktor Penimbang (W)

Temperatur °C		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Ketinggian (z) m	0	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69
	500	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57	0,6	0,62	0,65	0,67	0,7
	1000	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71
	2000	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73
Temperatur °C		22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Ketinggian (z) m	0	0,71	0,73	0,75	0,77	0,78	0,8	0,82	0,83	0,84	0,85
	500	0,72	0,74	0,76	0,78	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86
	1000	0,73	0,75	0,77	0,79	0,8	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87
	2000	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88

Sumber: Direktorat irigasi, Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi (1980)

4. Radiasi Netto (R_n)

Radiasi netto adalah selisih radiasi yang datang ke bumi dengan radiasi yang meninggalkan bumi. Rumus untuk mencari nilai radiasi netto adalah sebagai berikut.

$$R_n = R_{ns} - R_{n1} \quad (3.3)$$

dengan:

R_n = Radiasi netto (mm/hari)

R_{ns} = Penyinaran matahari yang diserap bumi (mm/hari)

R_{n1} = Radiasi pancaran bumi (mm/hari)

5. Radiasi yang Diserap Bumi (R_{ns})

Dalam menentukan nilai R_{ns} dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (3.4)$$

$$R_s = (0,25 + 0,5(n/N)) \times R_a \quad (3.5)$$

dengan:

R_s = Radiasi yang sampai bumi (mm/hari)

α = Persentase radiasi di pantulkan, pada metode ini dipakai $\alpha = 0,25$

n/N = Intensitas penyinaran matahari (%)

R_a = Radiasi teoritis yang sampai pada lapisan bagian atas atmosfer (mm/hari)

Nilai penyinaran matahari tergantung pada garis lintang yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Radiasi yang Sampai Bumi

Lintang Selatan ($^{\circ}$)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
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	15,3	15,7	15,7	15,1	14,1	13,5	13,7	14,5	15,2	15,5	15,3	15,1
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
6	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7
8	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0

Lanjutan Tabel 3.3 Radiasi yang Sampai Bumi

Lintang Selatan (°)	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
12	16,6	16,3	15,4	14,0	12,5	11,6	12,0	13,2	14,7	15,8	16,4	16,5
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
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
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
20	17,3	16,5	15,0	13,0	11,0	10,0	10,4	12,0	13,9	15,8	17,0	17,4
22	17,4	16,5	14,8	12,6	10,6	9,6	10,0	11,6	13,7	15,7	17,0	17,5
24	17,5	16,5	14,6	12,3	10,2	9,1	9,5	11,2	13,4	15,6	17,1	17,7
26	17,6	16,4	14,4	12,0	9,7	8,7	9,1	10,9	13,2	15,5	17,2	17,8
28	17,7	16,4	14,3	11,6	9,3	8,2	8,6	10,4	13,0	15,4	17,2	17,9
30	17,8	16,4	14,0	11,3	8,9	7,8	8,1	10,1	12,7	15,3	17,3	18,1

Sumber: Direktorat irigasi, Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi (1980)

6. Radiasi Pancaran Bumi (R_{n1})

Nilai radiasi pancaran bumi (R_{n1}) dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$R_{n1} = f(T) \times f(ed) \times f(n/N) \quad (3.6)$$

$$f(ed) = 0,34 - 0,044 \times \sqrt{ed} \quad (3.7)$$

$$f(n/N) = (0,1 + 0,9) \times (n/N) \quad (3.8)$$

dengan:

R_{n1} = Radiasi pancaran bumi (mm/hari)

ed = Tekanan uap aktual (mbar)

$f(T)$ = koreksi akibat temperatur

$f(ed)$ = koreksi akibat tekanan uap

$f(n/N)$ = koreksi penyinaran matahari

Nilai koreksi akibat temperatur $f(T)$ dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Pengaruh Temperatur Terhadap Nilai R_{n1}

T °C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
F(T)	11	11,4	11,7	12	12,4	12,7	13,1	13,5	13,8	14,2
T °C	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
F(T)	14,6	15	15,4	15,9	16,3	16,7	17,2	17,7	18,1	

Sumber: Direktorat irigasi, Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi (1980)

7. Faktor Kecepatan Angin ($f(U)$)

Nilai faktor kecepatan angin dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$f(U) = 0,27 \times (1+U/100) \quad (3.9)$$

dengan:

$f(U)$ = Fungsi kecepatan angin

U = kecepatan angin pada ketinggian 2 meter, selama 24 jam (km/jam)

8. Faktor Penyesuaian Kondisi Cuaca Siang dan Malam (c)

Kondisi iklim yang tidak selalu tetap sehingga diberikan nilai koreksi (c). berikut adalah tabel nilai koreksi (c).

Tabel 3.5 Angka Koreksi Penman (c)

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
c	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1

Sumber: Direktorat irigasi, Pedoman dan Kriteria Perencanaan Teknik Irigasi (1980)

3.4 Analisa Hujan-Debit Metode F.J Mock

F.J. Mock pada tahun 1973 mengusulkan suatu model simulasi keseimbangan air bulanan untuk daerah pengaliran di Indonesia. Model perhitungan ini didapat dari hujan, evapotranspirasi, tanah dan tampungan air tanah.

Model ini diterangkan Guideline PSA 001 sebagai suatu pendekatan perkiraan debit bulanan. Buku pedoman ini menekankan bahwa, tidak ada debit bangkitan yang dapat dipercaya, sampai debit tersebut dikalibrasi dengan debit pengamatan. Model Mock ini juga disarankan di dalam standar Perencanaan Irigasi KP-01, tetapi tanpa uraian lebih lanjut bagaimana cara menggunakannya. Model F.J. Mock ini cukup sederhana dalam perhitungannya dan terbukti sangat populer di kalangan konsultan Indonesia. Sangat banyak contoh perhitungan yang salah,

karena para pengguna tidak mempelajari yang asli, akan tetapi mengikuti studi kasus yang telah ada. Juga banyak para pengamat tidak biasa memperhatikan atau mencoba pilihan parameter yang ada. Hal ini terbukti dari banyaknya parameter yang digunakan diambil secara langsung dari studi kasus yang telah ada tanpa mengadakan pengecekan lebih lanjut pada pengamatannya. Kesalahan umum yang lain yang terjadi adalah tidak cukupnya data hujan dalam satu tahun secara berurutan dalam tenggang waktu tertentu.

Metode ini menganggap bahwa hujan yang jatuh pada catchment sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi *direct run off* dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Infiltrasi ini pertama-tama akan menjenuhkan *top soil* dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Dalam hal ini harus ada keseimbangan antara hujan yang jatuh dan evapotranspirasi, *direct run off* dan infiltrasi sebagai *soil moisture* dan *ground water discharge*. Aliran dalam sungai adalah jumlah aliran yang langsung dipermukaan tanah (*direct run off*) dan *base flow*.

Adapun Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut (Satriyo, 2022).

1. Hujan

Nilai hujan bulanan (P) didapat dari pencatatan data hujan bulanan (mm) dan jumlah hari hujan pada bulan yang bersangkutan (h)

2. Evapotranspirasi Aktual (AET)

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah sehingga persamaannya adalah sebagai berikut:

$$AET = ET_0 - E \quad (3.10)$$

dimana:

AET = evapotranspirasi aktual (mm/bulan)

ET₀ = evapotranspirasi potensial (mm/bulanan)

$$E = \frac{ET_0 \times m (18 - n)}{20} \quad (3.11)$$

dimana:

n = jumlah hari hujan dalam sebulan

m = prosentase lahan yang tidak tertutup vegetasi, ditaksir dari peta tata guna lahan, diambil:

- a. $m = 0\%$ untuk lahan dengan hutan lebat
- b. $m = 0\%$ pada akhir musim hujan, dan penambahan 10% setiap bulan kering untuk lahan dengan hutan sekunder
- c. $m = 10\% - 40\%$ untuk lahan yang terisolasi
- d. $m = 20\% - 50\%$ untuk lahan pertanian yang diolah (sawah, ladang, perkebunan, dsb).

3. Kelebihan air hujan (*Excess Rainfall*)

Kelebihan air hujan dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$ER = P - AET \quad (3.12)$$

dimana:

ER = *Excess Rainfall* (mm/bulan)

P = curah hujan (mm/bulan)

4. Kelebihan air (*Water Surplus*)

Water surplus adalah curah hujan yang telah mengalami evapotranspirasi kemudian mengisi *soil storage*. *Water surplus* juga secara langsung mempunyai pengaruh pada infiltrasi / perkolasi serta total *run off* yang merupakan komponen dari debit. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *water surplus* (WS) adalah sebagai berikut:

$$WS = ER - SM \quad (3.13)$$

dimana:

WS = kelebihan air (mm/bulan)

SM = kelembaban tanah bulanan pertama (mm/bulanan)

5. Infiltrasi

Infiltrasi ditaksir berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Nilai infiltrasi ditentukan oleh permukaan lapisan atas dari tanah. Misalnya kerikil mempunyai daya infiltrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah liat yang kedap air. Untuk lahan yang terjal dimana air sangat cepat menipis diatas permukaan tanah sehingga air tidak dapat sempat berinfiltrasi yang menyebabkan daya infiltrasi lebih kecil. Rumusan dari infiltrasi adalah sebagai berikut:

- a. Infiltrasi pada musim kemarau

$$I = DIC \times WS \quad (3.14)$$

dimana:

I = infiltrasi (mm/bulan)

DIC = koefisien infiltrasi pada musim kemarau

- b. Infiltrasi pada musim hujan

$$I = WIC \times WS \quad (3.15)$$

dimana:

I = infiltrasi (mm/bulan)

WIC = koefisien infiltrasi pada musim hujan

6. Aliran Langsung

Aliran langsung berasal dari *Water surplus* yang telah mengalami infiltrasi. Maka aliran langsung dihitung dengan persamaan:

$$DRO = WS - I \quad (3.16)$$

dimana:

DRO = aliran langsung (mm/bulan)

WS = kelebihan air (mm/bulan)

I = infiltrasi (mm/bulan)

7. Tampungan air tanah

Tampungan air dasar dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$GWS = 0,5 \times (1 + K) \times I + K \times IGWS \quad (3.17)$$

dimana:

GWS = *ground water storage* (mm/bulan)

IGWS = *initial ground water storage* (mm/bulan)

K = faktor resesi air tanah

8. Aliran dasar

Aliran dasar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$BF = I - (GWS - IGWS) \quad (3.18)$$

dimana:

BF = *base flow* / aliran dasar (mm/bulan)

9. Aliran total

Aliran total dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TRO = DRO + BSF \quad (3.19)$$

dimana:

TRO = *Total Run Off* / aliran langsung (mm/bulan)

10. Debit rerata aliran sungai

Debit rerata aliran sungai dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{cal} = \frac{A \times TRO \times 1000}{H \times 24 \times 3600} \quad (3.20)$$

dimana:

Qcal = debit limpasan terhitung (m³/s)

TRO = *total runoff* / aliran total (mm)

A = luas area (km²)

H = jumlah hari dalam satu bulan perhitungan

Apabila data debit terukur tidak ada, maka nilai 6 parameter DAS dicoba-ulang secara manual agar perubahan air di zona permukaan dan di akuifer

mendekati nol (0), dengan asumsi sesuai siklus hidrologi dalam setahun (kondisi awal januari = akhir desember) (Jayadi, 2021).

3.5 Debit Andalan

Debit andalan merupakan besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Tujuan penetapan debit andalan adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai (Soemarto C. , 1987). Semakin besar angka keandalan maka semakin kecil debit yang dihasilkan. Misal ditetapkan debit andalan 80% berarti akan dihadapi resiko adanya debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20%.

Langkah untuk menentukan debit andalan yaitu dengan mengurutkan debit yang ada dari nilai terbesar hingga terkecil. Perhitungan dilakukan dengan metode tahun dasar (*basic year*), yaitu mengambil suatu pola debit dari tahun ke tahun tertentu pada setiap kondisi keandalan debit. Perhitungan dapat dilakukan dengan metode dari Weibull sebagai berikut (Fachrurrozi, 2017):

$$P = \frac{m}{(n)+1} \times 100 \quad (3.21)$$

Dimana:

- P = Probabilitas (%)
- m = Nomor urut data debit
- n = Jumlah data pengamatan debit

3.6 Kebutuhan Air Baku

1. Proyeksi jumlah penduduk

Proyeksi kebutuhan air baku dapat ditentukan dengan memperhatikan pertumbuhan penduduk untuk diproyeksikan sampai dengan lima puluh tahun mendatang atau tergantung dari proyeksi yang dikehendaki (Soemarto, 1999). Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk menggunakan metode geometrik. Rumus dari metode geometrik tersebut yaitu (Azizah, 2016):

$$P_n = P_o + (1 + r)^n \quad (3.22)$$

dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n

P_o = jumlah penduduk pada awal tahun

r = laju pertumbuhan penduduk

$$= (P_n/P_o)^{1/t} - 1$$

n = jangka waktu tahun data

2. Kebutuhan air baku

Dari proyeksi jumlah penduduk, kemudian dihitung jumlah kebutuhan air berdasarkan kriteria Ditjen Cipta Karya Dinas PU (1996).

Kebutuhan air domestic untuk kota dibagi dalam beberapa kategori, yaitu:

- a. Kota kategori I (Metropolitan)
- b. Kota kategori II (Kota Besar)
- c. Kota kategori III (Kota Sedang)
- d. Kota kategori IV (Kota kecil)
- e. Kota kategori V (Desa)

Kriteria kebutuhan air dapat dilihat pada tabel 3.1 Kriteria Perencanaan Air Bersih berikut ini.

Tabel 3.6 Kriteria Perencanaan Air Bersih

No	Uraian	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
		>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (l/o/h)	>150	150-120	90-120	80-120	60-80
2	Konsumsi Unit Hidran (HU) (l/o/h)	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40
3	Konsumsi unit non domestik					
	f. Niaga Kecil (l/u/h)	600-900	600-900		600	
	g. Niaga besar (l/u/h)	1000-5000	1000-5000		1500	
	h. Industri Besar (l/d/ha)	0.2-0.8	0.2-0.8		0.2-0.8	
	i. Pariwisata (l/d/ha)	0.1-0.3	0.1-0.3		0.1-0.3	
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1.15-1.25 *harian	1.15-1.25 *harian	1.15-1.25 *harian	1.15-1.25 *harian	1.15-1.25 *harian

Lanjutan Tabel 3.6 Kriteria Perencanaan Air Bersih

No	Uraian	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
		>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
6	Faktor jam puncak	1.75-2.0 *hari maks	1.75-2.0 *hari maks	1.75-2.0 *hari maks	1.75-2.0 *hari maks	1.75-2.0 *hari maks
7	Jumlah jiwa pe SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9	Sisa tekanan di penyediaan	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12	SR.HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan pelayanan	90	90	90	90	70

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU (1996)

Tabel 3.7 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, IV

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	2000	liter/unit/hari
Masjid	3000	liter/unit/hari
Kantor	10	liter/pegawai/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Hotel	150	liter/bed/hari
Rumah Makan	100	liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	liter/orang/hari
Kawasan Industri	0.2-0.8	liter/detik/hektar
Kawasan Pariwisata	0.1-0.3	liter/detik/hektar

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU (1996)

Tabel 3.8 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori V (Desa)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	1200	liter/unit/hari
Masjid	3000	liter/unit/hari

Lanjutan Tabel 3.8 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori V (Desa)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Mushola	2000	liter/unit/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Komersial/Industri	10	liter/hari

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU (1996)

3.7 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah. Faktor – faktor yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi adalah sebagai berikut:

1. Areal Tanam

Areal tanam adalah lahan yang menjadi daerah aliran jaringan irigasi. Luas areal tanam di suatu daerah pengairan yang memiliki jaringan irigasi yang baik untuk tanaman akan mempengaruhi besarnya kebutuhan air.

2. Pola Tanam

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman, penentuan pola tanam merupakan hal yang perlu dipertimbangkan. Tujuan menyusun rencana tata tanam adalah untuk menyusun pola pemanfaatan air irigasi yang tersedia untuk memperoleh hasil produksi tanam yang maksimal bagi usaha pertanian. Pola tanam merupakan susunan rencana penanaman berbagai jenis tanaman selama satu tahun, yakni padi, tebu, dan palawija.

3. Sistem Golongan

Untuk memperoleh areal tanam yang optimal dari debit yang tersedia di atasi dengan cara golongan yaitu pembagian luas areal tanam pada suatu daerah irigasi dengan mulai awal tanam yang tidak bersamaan. Cara perencanaan golongan teknis yaitu dengan membagi suatu daerah irigasi dalam beberapa golongan yg mulai pengolahan tanahnya dengan selang waktu 10 atau 15 hari. Dengan pengunduran waktu memulai pengolahan tanah pada setiap golongan maka kebutuhan air dapat terpenuhi sesuai dengan debit yg tersedia.

4. Perkolasi

Perkolasi merupakan gerakan air mengalir ke bagian moisture content atas yang lebih dalam sampai air tanah. Laju perkolasi sangat tergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi. Dari hasil-hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah.

5. Kebutuhan air untuk lapisan air (WLR)

Penggantian lapisan air diperlukan untuk mengurangi efek reduksi pada tanah dan pertumbuhan tanaman. Penggantian lapisan air diberikan menurut kebutuhan dan dilakukan setelah pemupukan atau sesuai jadwal. Jika tidak ada penjadwalan, maka dilakukan penggantian sebanyak 2 (dua) kali, (masing-masing sebesar 50 mm dan 3.3 mm/hari selama setengah bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah penanaman (Dep. PU, 1986).

6. Koefisien Tanaman

Umur dan jenis tanaman yang ada mempengaruhi besar nilai koefisien tanaman. Faktor koefisien tanaman digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman pada masa pertumbuhannya. Koefisien tanaman (Kc) untuk tanaman padi dan palawija dapat diperoleh dari tabel berikut:

Tabel 3.9 Harga-Harga Koefisien Tanaman Padi

Bulan	<i>Nedeco/Prosida</i>		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0.5	1.20	1.20	1.10	1.10
1.0	1.20	1.27	1.10	1.10
1.5	1.32	1.33	1.10	1.05
2.0	1.40	1.30	1.10	1.05
2.5	1.35	1.30	1.10	0.95

Lanjutan Tabel 3.9 Harga-Harga Koefisien Tanaman Padi

Bulan	<i>Nedeco/Prosida</i>		FAO	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
3.0	1.24	0	1.05	0
3.5	1.12		0.95	
4.0	0		0	

Sumber: kriteria perencanaan irigasi (2013)

Tabel 3.10 Harga-Harga Koefisien Tanaman Palawija

Tanaman	Jangka tumbuh/hari	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85	0,5	0.75	1.0	1.0	0.82	0.45							
Jagung	80	0,5	0.59	1.05	1.05	1.02	0.95							
Kacang Tanah	130	0,5	0.51	0.85	0.85	0.95	0.95	0.95	0.95	0.55	0.55			
Bawang	70	0,5	0.51	0.69	0.90	0.95								
Buncis	75	0,5	0.64	0.89	0.95	0.88								
Kapas	195	0,5	0.50	0.58	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.78	0.65	0.65	0.65

Sumber: kriteria perencanaan irigasi (2013)

7. Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah persentase perbandingan antara jumlah air yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan dari pintu pengambilan. Besarnya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang di perjalanannya dari saluran primer, sekunder, hingga tersier.

8. Kebutuhan air dan persiapan lahan

Metode yang digunakan untuk menghitung besarnya kebutuhan air selama jangka waktu persiapan lahan yaitu dengan rumus yang telah dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra, yang didasarkan pada laju air konstan dalam liter per detik selama periode persiapan lahan dengan persamaan sebagai berikut:

$$IR = (M \cdot e^k) / (e^k - 1) \quad (3.23)$$

$$K = MT/S \quad (3.24)$$

dimana:

IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M = Kebutuhan evaporasi dan perkolasi = $E_o + P$

E_o = Evaporasi potensial (mm/hari) = $E_{t_0} \times 1,10$

P = Perkolasi (mm/hari)

T = Waktu penyinaran tanah (hari)

S = Kebutuhan air untuk penjemuran ditambah dengan 50 mm

9. Penggunaan konsumtif (Etc)

$$Etc = Kc \times E_{t_0} \quad (3.25)$$

dimana:

Kc = koefisien tanaman

E_{t_0} = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

10. Kebutuhan air irigasi untuk palawija

$$NFR = ETc + P - Re \quad (3.26)$$

11. Kebutuhan air di sawah untuk padi

$$NFR = ETc + P - Re + WLR \quad (3.27)$$

dimana:

ETc = *consumptive use* (mm)

P = kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

WLR = penggantian lapisan air (mm/hari)

12. Kebutuhan air di pintu pengambilan

Kebutuhan air di pintu pengambilan dapat diketahui dengan rumus:

$$DR = NFR/EI \quad (3.28)$$

dimana:

DR	= kebutuhan air di pintu pengambilan
NFR	= kebutuhan air di sawah
EI	= efisiensi irigasi

3.8 Neraca Air

Neraca air merupakan keseimbangan antara jumlah air yang masuk (*inflow*) dan keluar (*outflow*) di suatu wilayah untuk periode tertentu dari proses sirkulasi air. Penghitungan neraca air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air baku atau tidak. Jika hasil perhitungan neraca air positif menandakan terjadi kelebihan air, sedangkan jika negatif menandakan terjadinya kekurangan air. Rumus neraca air secara umum dapat dilihat pada persamaan berikut.

1. Menentukan n

Nilai n ditentukan berdasarkan urutan periode dalam 1 tahun.

2. Menentukan *Inflow* (I_n)

Nilai *inflow* (I_n) diperoleh dari jumlah aliran yang masuk ke dalam bendungan. Jumlah air tersebut berasal dari ketersediaan air, tetapi total ketersediaan air dikurangi dengan nilai evaporasi dan resapan yang terjadi pada setiap periode. Perhitungan *Inflow* (I_n) adalah sebagai berikut.

$$I_n = V - \left(\frac{e}{1000} \times A\right) - \text{resapan} \quad (3.29)$$

dimana:

I_n = volume air yang masuk ke bendungan

V = volume ketersediaan bendungan

e = evaporasi

A = luas tampungan bendungan

Besarnya air yang meresap ke dalam pori atau rongga di dasar kolam bendungan tergantung dari sifat lulus air material dasar dan dinding kolam. Perhitungan resapan air ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut ini. (Busiri, Fajar, Sangkawati, & Budienny, 2016)

$$V_i = K \times V_u \quad (3.30)$$

dimana:

K = faktor yang nilainya tergantung pada sifat lulus air material dasar dan dinding kolam

$K = 10\%$ bila dasar dan dinding kolam embung praktis rapat air ($k \leq 10^{-5}$ cm/detik)

$K = 25\%$ bila dasar dan dinding kolam embung bersifat semi lulus ($k = 10^{-3} - 10^{-4}$ cm/detik)

V_i = jumlah resapan melalui dasar dinding dan tubuh embung yang terjadi sepanjang tahun (m^3)

V_u = jumlah air untuk berbagai kebutuhan (m^3)

3. Menentukan *Outflow* (O_n)

Nilai *Outflow* (O_n) merupakan aliran air yang keluar dari bendungan. *Outflow* (O_n) terdiri dari kebutuhan total air baku dan air irigasi yang harus dilayani dalam setiap periode.

4. Menentukan volume S_n

Volume S_n merupakan volume tampungan awal pada periode ke-n, sedangkan periode selanjutnya diperoleh dari nilai S_{n+1} terjadi pada periode sebelumnya.

5. Menentukan volume S_{n+1}

S_{n+1} merupakan volume tampungan periode ke n+1. Apabila S_n adalah bulan Oktober periode I maka S_{n+1} adalah bulan Oktober periode II dan berikutnya berdasarkan penentuan n. (Hadi, 2021)

$$I = O \pm \Delta S \quad (3.31)$$

$$I_n - O_n = S_{n+1} - S_n \quad (3.32)$$

$$S_{n+1} = S_n + I_n - O_n \quad (3.33)$$

dimana:

S_n = volume tampungan awal periode ke n

S_{n+1} = volume tampungan awal periode ke n+1

I_n = volume air yang masuk bendungan terdiri dari mata air dan air hujan dikurangi dengan penguapan dan rembesan periode ke-n

O_n = volume air yang keluar bendungan bulan ke n (pelayanan untuk air baku dan irigasi)

Jika $S_{n+1} <$ tampungan mati, maka air tidak melimpas dan kebutuhan air tidak terpenuhi sehingga S_{n+1} terjadi sama dengan tampungan mati.

Jika tampungan mati $< S_{n+1} <$ kapasitas bendungan, maka air tidak melimpas dan kebutuhan air terpenuhi sehingga S_{n+1} terjadi sama dengan S_{n+1} .

Jika $S_{n+1} >$ kapasitas bendungan, maka air melimpas dan kebutuhan air terpenuhi sehingga S_{n+1} terjadi sama dengan kapasitas bendungan.

6. Mencari *Outflow* terjadi (O_n terjadi)

Nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) bisa lebih kecil atau sama dengan nilai *outflow* rencana (O_n). Apabila nilai S_{n+1} kurang dari tampungan mati maka *outflow* terjadi lebih kecil dari *outflow* (O_n).

Pada saat mulai pengisian tampungan, bulan pertama untuk pengisian tampungan dicoba-coba kemudian dipilih bulan yang tingkat keandalannya paling baik atau dianggap bulan tersebut adalah permulaan pengisian yang paling baik tingkat keandalannya.

3.9 Keandalan Bendungan

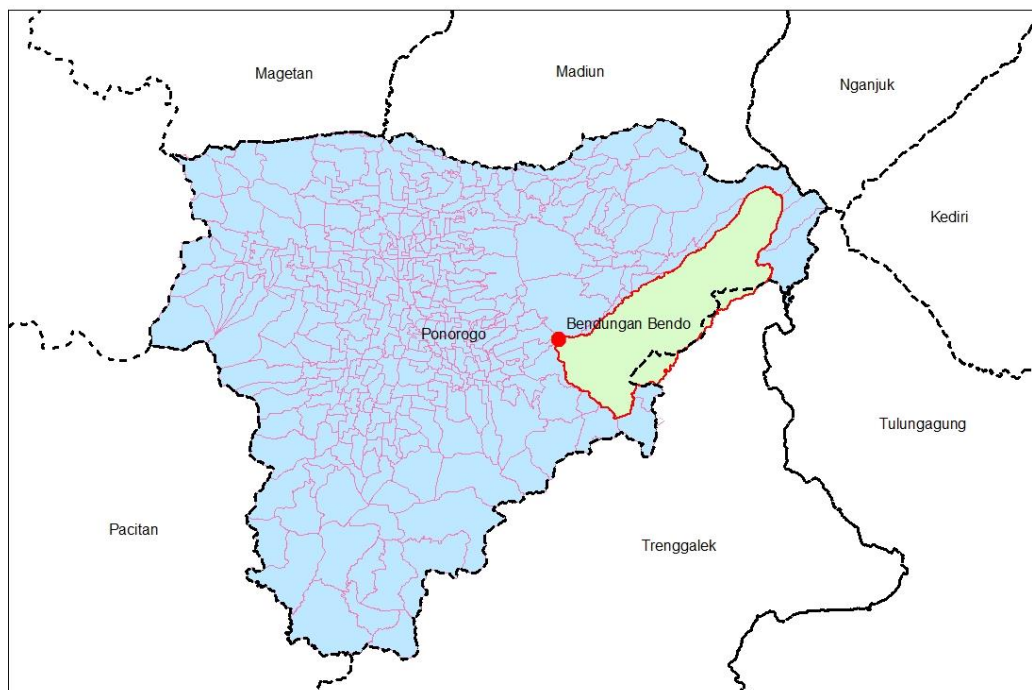
Simulasi operasi bendungan bertujuan untuk melihat sejauh mana tingkat keandalan atau kegagalan yang terjadi dari sistem pengoperasian bendungan dalam memenuhi kebutuhan pelayanannya. Salah satu bentuk persamaan yang sering digunakan adalah persamaan kontinuitas yang memberi hubungan antara masukan, keluaran dan perubahan tampungan yang disebut dengan analitis perilaku (model simulasi). Keandalan bendungan dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\text{Tingkat keandalan} = \frac{\text{kebutuhan air yang terlayani}}{\text{kebutuhan total air}} \times 100\% \quad (3.34)$$

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Bendungan Bendo terletak di Sungai Kali Keyang atau juga dikenal dengan nama Kali Ngindeng di Dusun Bendo, Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo. Lokasi Bendungan Bendo secara morfologi merupakan daerah perbukitan bergelombang, dengan ketinggian berkisar antara elevasi +150 m sebagai dasar Sungai Keyang sampai elevasi +450 m, yaitu daerah Gunung Tumpak Benge di sebelah selatan rencana lokasi bendungan, dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Proyek Pembangunan Bendungan Bendo

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan antara lain dengan cara sebagai berikut ini.

1. Data curah hujan

Data curah hujan yang digunakan merupakan data hujan dari satu stasiun pengukur hujan di sekitar lokasi pembangunan Bendungan Bendo. Data curah

hujan tahunan, bulanan, dan harian yang digunakan selama 10 tahun dari tahun 2012-2021 dengan stasiun pencatat hujan yaitu Stasiun Sooko yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum BBWS Bengawan Solo.

2. Data Klimatologi

Data klimatologi digunakan untuk menghitung besar evapotranspirasi yang terjadi. Terdapat beberapa data yang diperlukan diantaranya lamanya penyinaran matahari, suhu relatif, kelembaban relatif, dan kecepatan angin.

3. Data Pola Tanam

Data pola tanam digunakan untuk menghitung kebutuhan irigasi setelah diketahui besarnya evapotranspirasi.

4. Data Jumlah Penduduk

Data jumlah penduduk diperlukan untuk menghitung jumlah kebutuhan air baku.

4.3 Analisis Data

4.3.1 Analisis Ketersediaan Air

pada analisis ini, ada beberapa analisis antara lain:

1. Analisis curah hujan

Analisis curah hujan langsung menggunakan data curah hujan pada Stasiun Sooko, kemudian dilakukan perhitungan hujan andalan.

2. Analisis Evapotranspirasi

Analisis ini, menggunakan metode Penman Modifikasi.

3. Analisis debit tersedia pada bendungan

Ketersediaan air dihitung dengan metode F.J. Mock. Tidak dilakukan kalibrasi karena tidak ada debit terukur di lokasi Bendungan Bendo. Dilakukan pendekatan anggapan atau asumsi bahwa dalam siklus tahunan, perubahan air di zona permukaan dan di akuifer mendekati nol. Parameter DAS pada metode ini dicoba-coba sampai terpenuhi asumsi tersebut.

4.3.2 Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air ini terdapat beberapa analisis diantaranya:

1. Analisis kebutuhan air irigasi

Kebutuhan air irigasi disesuaikan dengan data pola tanam eksisting dan dihitung berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi KP-01.

2. Analisis kebutuhan air baku

Pada analisis ini terbagi menjadi kebutuhan air domestik dan non domestik. Kebutuhan air baku disesuaikan dengan data jumlah penduduk.

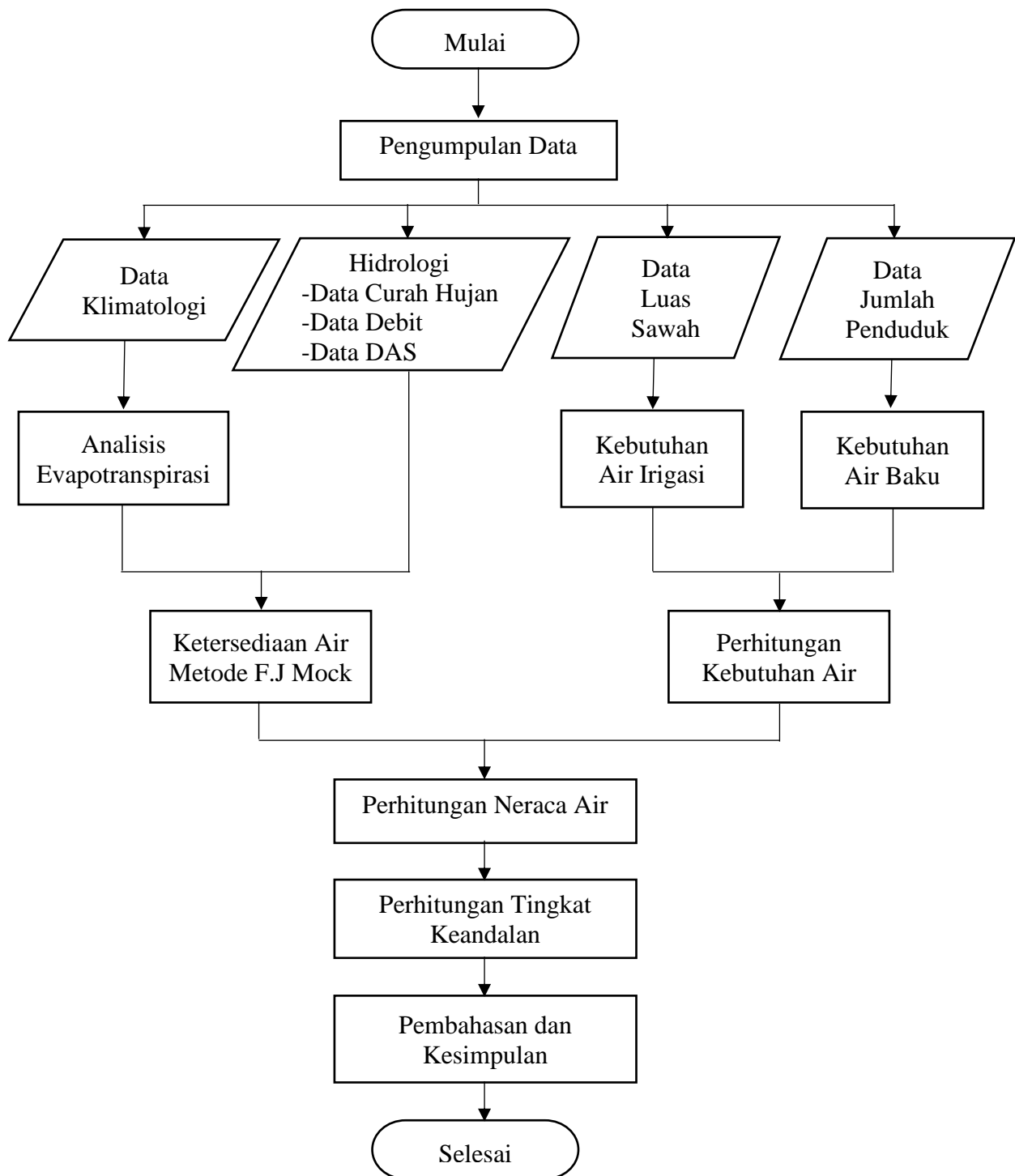
4.3.3 Analisis Neraca air

Analisis ini dilakukan untuk menghitung keseimbangan debit aliran yang masuk dan aliran yang keluar. Sehingga diperoleh volume tampungan Bendungan Bendo pada setiap periode.

4.3.4 Analisis Keandalan Bendungan

Analisis tingkat keandalan bendungan dihitung untuk mengetahui persentase tingkat keandalan Bendungan Bendo dalam memenuhi kebutuhan air baku dan kebutuhan air irigasi masyarakat.

4.4 Bagan Alir



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

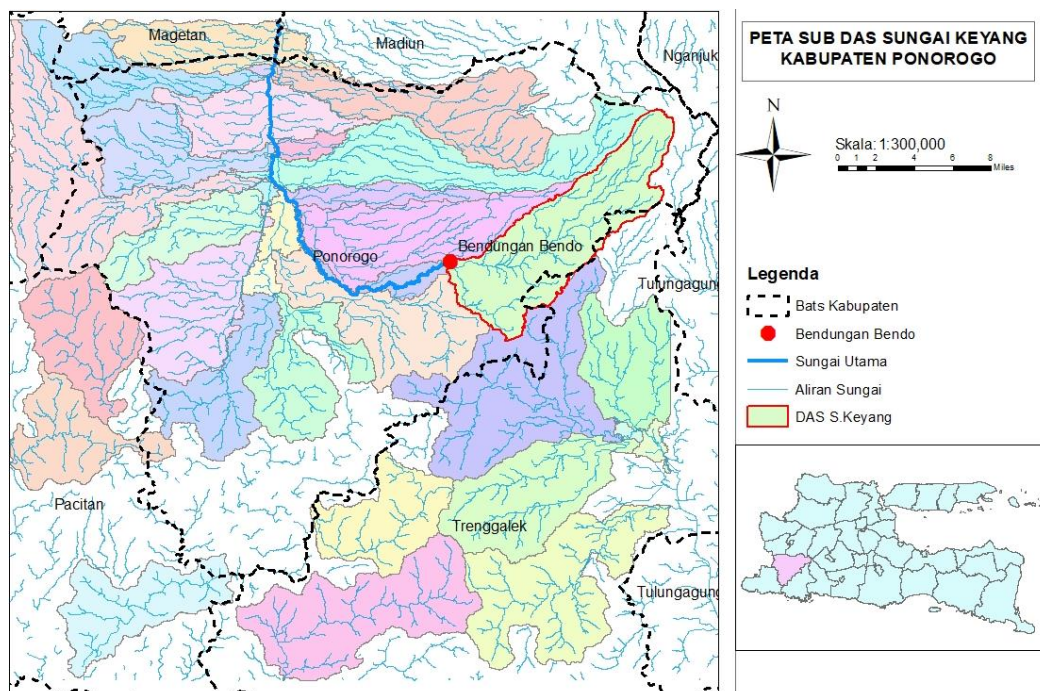
5.1 Ketersediaan Air

Ketersediaan air dapat dihitung dengan adanya data debit terukur agar dapat langsung dihitung debit andalannya. Namun pada penelitian ini tidak ada data debit terukur sehingga perhitungan ketersediaan air menggunakan pendugaan parameter Mock.

Data yang diperlukan untuk analisis ketersediaan air menggunakan metode pendugaan Mock yaitu hujan tengah bulan (P), evapotranspirasi potensial (ET₀) dengan menggunakan metode Penman Modifikasi, dan parameter optimum secara *trial and error*.

5.1.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Berdasarkan analisis DAS pada *software* Global Mapper, didapatkan luas Sub DAS Keyang sebesar 129,94 km². Gambar peta Sub DAS Keyang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Peta Sub DAS Keyang
Sumber: Global Mapper

5.1.2 Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan yang dipakai dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian pada stasiun Sooko selama 10 tahun dari 2012 sampai 2021. Kemudian data harian dijumlahkan dari tanggal 1 sampai tanggal 15 sehingga diperoleh nilai hujan tengah bulan periode ke 1 dan tanggal 16 sampai tanggal terakhir sehingga diperoleh nilai hujan tengah bulan periode ke 2. Data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Stasiun Sooko Tahun 2012 (mm)

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	9	2	2	9	57	0	0	0	0	0	0	28
2	34	0	3	0	0	0	0	0	0	0	7	7
3	0	8	7	2	0	0	0	0	0	0	3	25
4	3	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	48
5	33	11	28	40	13	0	0	0	0	0	0	67
6	8	0	3	2	15	0	0	0	0	0	2	3
7	16	0	16	14	3	2	0	0	0	0	13	20
8	21	3	3	92	35	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	1	6	0	1	0	0	0	0	0	4
10	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11	2	0	2	49	0	0	0	0	0	0	0	7
12	0	8	0	14	0	0	0	0	0	0	0	42
13	18	6	0	4	7	0	0	0	0	3	0	9
14	74	0	5	18	4	0	0	0	0	0	0	21
15	8	0	4	23	16	0	4	0	0	0	15	30
16	10	17	0	10	15	0	0	0	0	7	0	31
17	83	78	0	6	26	0	0	0	0	2	18	2
18	3	1	2	0	50	0	0	0	0	0	7	2
19	0	1	0	0	0	0	6	0	0	44	38	11
20	20	36	11	0	0	0	0	0	0	0	4	0
21	7	42	19	0	0	0	0	0	0	0	0	2
22	0	46	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
23	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
24	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	14	21
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9
26	0	32	15	0	0	0	0	0	0	0	8	35
27	0	33	2	0	0	0	0	0	0	0	0	20
28	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
29	5	0	0	8	0	0	0	0	0	0	22	3
30	18	0	0	8	0	0	0	0	0	7	0	0

**Lanjutan Tabel 5.1 Data Curah Hujan Stasiun Sooko Tahun 2012
(mm)**

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
31	3	0	4	0	0	0	0	0	0	20	0	0
Total	413	347	150	308	241	3	10	0	0	83	171	462
Rerata	13,32	11,19	4,84	9,94	7,77	0,10	0,32	0,00	0,00	2,68	5,52	14,90
Max	83	78	28	92	57	2	6	0	0	44	38	67
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Data curah hujan tahun 2012 sampai 2021 dapat dilihat pada lampiran. Berikut ini adalah hasil rekapitulasi hujan tengah bulanan tahun dari tahun 2012 sampai 2021.

**Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Curah Hujan Tengah Bulanan Stasiun Sooko
(mm)**

Tahun	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Juni	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2012	241	172	39	308	91	59	276	32	150	91	3	0
2013	191	149	278	212	47	147	260	139	9	114	52	68
2014	104	63	25	137	44	123	125	120	105	3	2	232
2015	90	79	303	48	73	286	170	273	75	3	30	0
2016	178	139	223	154	264	223	234	55	195	99	143	153
2017	166	88	123	226	87	143	61	279	76	28	27	3
2018	301	265	212	133	243	79	157	80	19	62	19	62
2019	173	140	67	229	315	183	99	148	6	0	7	0
2020	266	116	233	206	131	295	91	94	76	284	8	58
2021	263	150	264	126	99	0	203	64	9	13	57	232
Tahun	Juli		Ags		Sept		Okt		Nov		Des	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2012	4	6	0	0	0	0	3	80	40	131	314	148
2013	34	17	0	0	0	0	0	73	103	188	183	191
2014	18	28	0	0	0	0	0	0	58	266	111	208
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	100	150	253	133
2016	61	57	219	29	34	159	292	142	205	423	133	25
2017	4	23	12	0	1	9	70	39	152	222	85	88
2018	1	0	0	0	0	22	0	2	186	163	174	81
2019	2	16	0	0	0	0	0	0	35	36	112	120
2020	20	8	5	0	14	35	138	223	281	164	217	122
2021	2	13	14	10	86	113	0	131	350	279	121	254

5.1.3 Evapotranspirasi

Metode perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode Penman Modifikasi. Data yang diperlukan untuk menghitung Penman Modifikasi adalah data temperatur, kelembapan udara, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari. Berdasarkan data dari BBWS Bengawan Solo letak Stasiun Jiwan berada di ketinggian 72,5 m dengan letak lintang 9157414,8460 S. Berikut adalah data klimatologi pada Stasiun Jiwan bulan Januari tahun 2021.

Tabel 5.3 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Bulan Januari Tahun 2021

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	2,0	22,0	31,2	220,0	218	92
2	4,0	22,7	32,2	245,0	707	92
3	4,0	22,0	32,0	420,0	957	92
4	1,8	22,7	33,2	390,0	451	92
5	4,2	22,0	32,2	220,0	211	92
6	3,0	22,5	33,5	270,0	292	92
7	4,0	22,5	32,5	305,0	244	92
8	3,0	22,7	33,5	265,0	427	92
9	4,0	22,7	32,0	310,0	662	92
10	3,0	22,0	30,7	160,0	380	92
11	2,0	22,5	31,2	215,0	239	92
12	2,0	22,5	33,0	260,0	349	92
13	4,0	23,0	33,2	250,0	859	92
14	3,0	23,2	31,0	110,0	576	92
15	4,5	24,0	32,2	345,0	774	93
16	3,0	22,2	32,0	110,0	735	92
17	3,0	22,2	34,0	340,0	319	92
18	1,3	23,0	31,5	180,0	287	92
19	3,0	22,5	31,0	160,0	377	92
20	2,0	22,5	31,7	300,0	280	92
21	2,5	22,7	33,0	300,0	296	92
22	2,0	22,5	31,7	300,0	280	92
23	2,0	23,0	31,5	90,0	264	92
24	2,0	22,2	32,2	240,0	219	92

Lanjutan Tabel 5.3 Data Klimatologi Stasiun Jiwon Bulan Januari Tahun 2021

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
25	1,5	22,5	32,7	205,0	181	92
26	4,0	22,0	33,5	230,0	320	92
27	2,0	21,7	30,5	95,0	293	92
28	1,5	23,0	32,0	335,0	296	92
29	2,0	22,5	30,2	35,0	160	92
30	2,0	22,5	30,2	80,0	304	92
31	2,5	22,5	32,5	315,0	246	92

Dari data di atas kemudian di rata-rata dengan periode tengah bulan sehingga diperoleh hasil pada Tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Data Klimatologi

Bulan	Periode	Temperatur	Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	Penyinaran Matahari
		°C	%	m/hari	%
Januari	1	27,4	92	490	18,4491
	2	27,2	92	304	14,3880
Februari	1	27,4	92	276	15,5000
	2	27,3	92	364	15,8654
Maret	1	27,5	92	291	17,8935
	2	28,4	92	412	28,2118
April	1	28,1	92	341	22,5926
	2	28,2	92	313	24,5833
Mei	1	28,8	92	338	31,3333
	2	28,5	92	299	29,7309
Juni	1	28,8	92	262	31,4120
	2	27,7	92	234	28,4491
Juli	1	27,4	92	375	35,5787
	2	27,8	92	397	33,8542
Agustus	1	28,5	92	514	36,3889
	2	28,3	92	592	37,8906
September	1	28,9	92	617	33,3102
	2	29,0	92	484	33,5417
Oktober	1	29,3	93	715	37,3611
	2	29,7	93	433	29,0365

Lanjutan Tabel 5.4 Rekapitulasi Data Klimatologi

Bulan	Periode	Temperatur	Kelembaban Udara	Kecepatan Angin	Penyinaran Matahari
		°C	%	m/hari	%
November	1	28,8	92	322	21,3889
	2	28,6	92	332	20,3148
Desember	1	28,3	92	358	22,5926
	2	28,4	92	284	21,9618

Data Klimatologi bulan Februari sampai Desember tahun 2021 dapat dilihat pada lampiran.

Cara perhitungannya pada bulan Januari tahun 2021 dapat dilihat sebagai berikut.

- Untuk mencari nilai tekanan uap jenuh (e_a), w dan koreksi temperatur ($f(T)$) dapat dilihat pada Tabel 5.3 dengan nilai $T = 27,42$ °C. kemudian berdasarkan Tabel 3.1 diperoleh nilai e_a sebesar 36,5820 mbar, W sebesar 0,7657 mbar, dan $f(T)$ sebesar 16,1840 mbar.
- Nilai tekanan uap aktual (e_d)

$$\begin{aligned} e_d &= e_a \times RH \\ &= 36,5820 \times \frac{92,07}{100} \\ &= 33,6798 \text{ mbar} \end{aligned}$$
- Nilai perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap aktual ($e_a - e_d$)

$$\begin{aligned} e_a - e_d &= 36,5820 - 33,6798 \\ &= 2,9022 \text{ mbar} \end{aligned}$$
- Nilai fungsi tekanan uap $f(e_d)$

$$\begin{aligned} f(e_d) &= 0,34 - 0,044 \sqrt{e_d} \\ &= 0,34 - 0,044 \sqrt{33,6798} \\ &= 0,0816 \end{aligned}$$
- Untuk mencari nilai R_a dapat dilihat pada Tabel 3.3 sehingga didapatkan nilai $R_a = 16,2725$ mm/hari
- Nilai intensitas penyinaran matahari (n/N)

$$\begin{aligned} n/N &= \frac{18,45}{100} \\ &= 0,1845 \end{aligned}$$

7. Nilai koreksi penyinaran matahari ($f(n/N)$)

$$\begin{aligned} f(n/N) &= 0,1 + 0,9 n/N \\ &= 0,1 + 0,9 \times 0,1845 \\ &= 0,2676 \end{aligned}$$
8. $R_s = R_a \times (0,25 + 0,5 \times n/N)$

$$\begin{aligned} &= 16,2725 \times (0,25 + 0,5 \times 0,1845) \\ &= 5,6893 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$
9. Nilai R_{ns}

$$\begin{aligned} R_{ns} &= (1 - \alpha) \times R_s \\ &= (1 - 0,25) \times 5,6893 \\ &= 4,2670 \end{aligned}$$
10. Nilai R_{n1}

$$\begin{aligned} R_{n1} &= f(t) \times f(ed) \times f(n/N) \\ &= 16,1840 \times 0,0816 \times 0,2676 \\ &= 0,3534 \end{aligned}$$
11. Nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= R_{ns} - R_{n1} \\ &= 4,2670 - 0,3534 \\ &= 3,9136 \end{aligned}$$
12. Nilai kecepatan angin (U)

$$U = 490 \text{ m/hari}$$
13. Nilai fungsi dari kecepatan angin ($f(U)$)

$$\begin{aligned} f(U) &= 0,27 \times (1 + 0,01 \times U) \\ &= 0,27 \times (1 + 0,01 \times 490) \\ &= 1,59 \end{aligned}$$
14. Nilai angka koreksi (c) didapat dari Tabel 3.5

$$c = 1,1$$
15. $ET_0 = c \times [W \times R_n + (1 - W) \times f(U) \times (e_a - e_d)]$

$$\begin{aligned} &= 1,1 \times [0,7657 \times 3,9136 + (1 - 0,7657) \times 1,59 - 2,9022] \\ &= 4,49 \text{ mm/hari} \\ &= 67,28 \text{ mm/15 hari} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama untuk memperoleh nilai evapotranspirasi potensial untuk periode tengah bulan selanjutnya. Hasil perhitungan evapotranspirasi tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tengah Bulanan Januari Sampai Juni 2021 (ET₀)

Data	Sat	Ket	1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	2-Mei	1-Mei	1-Jun	2-Jun
Temperatur Rata-rata (t)	°C	Data	27,42	27,18	27,37	27,29	27,45	28,40	28,14	28,16	28,81	28,49	28,76	27,74
Kel. Udara (Rh) Rata-rata	%	Data	92,07	92,00	92,07	92,00	92,00	92,06	92,00	92,00	92,27	92,06	92,00	92,00
Kec. Angin (u) Rata-rata	m/hari	Data	490	304	276	364	291	412	341	313	338	299	262	234
Pen. Matahari (n/N) Rata-rata	%	Data	18,45	14,39	15,50	15,87	17,89	28,21	22,59	24,58	31,33	29,73	31,41	28,45
Tekanan Uap Jenuh, ea	mbar	Tabel	36,5820	36,0741	36,4840	36,3058	36,6450	38,7272	38,1143	38,1603	39,6707	38,9356	39,5403	37,2470
RH	%	Data	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Tekanan Uap Aktual, ed	mbar	Perhit	33,6798	33,1881	33,5896	33,4013	33,7134	35,6532	35,0652	35,1075	36,6028	35,8451	36,3771	34,2672
(ea-ed)	mbar	Perhit	2,9022	2,8859	2,8944	2,9045	2,9316	3,0740	3,0491	3,0528	3,0679	3,0905	3,1632	2,9798
Faktor Kec. Angin f(U)		Perhit	1,5900	1,0907	1,0178	1,2515	1,0524	1,3849	1,1917	1,1157	1,1834	1,0763	0,9754	0,9014
Faktor Pembobot, W		Tabel	0,7657	0,7632	0,7652	0,7643	0,7660	0,7735	0,7721	0,7722	0,7755	0,7739	0,7752	0,7688
(1-W)		Perhit	0,2344	0,2368	0,2348	0,2357	0,2341	0,2265	0,2279	0,2278	0,2245	0,2261	0,2248	0,2312
Ra	mm/hr	Tabel	16,2725	16,2725	16,2150	16,2150	15,5000	15,5000	14,2850	14,2850	12,9275	12,9275	12,1700	12,1700
Intensitas Pen. Matahari	%	Data	0,1845	0,1439	0,1550	0,1587	0,1789	0,2821	0,2259	0,2458	0,3133	0,2973	0,3141	0,2845
Rs	mm/hari	Perhit	5,6893	5,3324	5,4109	5,4429	5,3727	6,2363	5,3140	5,4676	5,4192	5,3073	5,1068	4,9121
Rns	mm/hari	Perhit	4,2670	3,9993	4,0582	4,0822	4,0295	4,6772	3,9855	4,1007	4,0644	3,9805	3,8301	3,6841
Kor. Tek. Uap Air, f(ed)		Perhit	0,0816	0,0841	0,0821	0,0830	0,0814	0,0800	0,0800	0,0800	0,0770	0,0800	0,0781	0,0800
Kor. Pen. Matahari, f(n/N)		Perhit	0,2676	0,2339	0,2440	0,2469	0,2631	0,3557	0,3059	0,3258	0,3833	0,3678	0,3841	0,3576
Kor. Temperatur, f(T)		Tabel	16,1840	16,1356	16,1747	16,1577	16,1900	16,3806	16,3273	16,3313	16,4627	16,3988	16,4513	16,2473
Radiasi Bumi, Rn1	mm/hari	Perhit	0,3534	0,3172	0,3238	0,3311	0,3469	0,4661	0,3996	0,4257	0,4858	0,4826	0,4936	0,4648
Radiasi Netto, Rn	mm/hari	Perhit	3,9136	3,6821	3,7344	3,7511	3,6826	4,2111	3,5859	3,6750	3,5786	3,4979	3,3365	3,2193
Nilai koreksi, c		Tabel	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Evapotranspirasi, ET ₀	mm/hari	Perhit	4,49	3,91	3,90	4,10	3,54	4,22	3,24	3,25	3,23	3,11	2,95	2,79
Evapotranspirasi, ET ₀	mm/15hari	Perhit	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tengah Bulanan Juli Sampai Desember 2021 (ET₀)

Data	Sat	Ket	1-Jul	2-Jul	1-Agu	2-Agu	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Temperatur Rata-rata (t)	°C	Data	27,42	27,83	28,54	28,31	28,92	28,99	29,25	29,66	28,77	28,57	28,27	28,42
Kel. Udara (Rh) Rata-rata	%	Data	92,00	91,94	92,00	92,06	92,13	92,13	92,67	92,69	92,27	92,27	92,40	92,06
Kec. Angin (u) Rata-rata	m/hari	Data	375	397	514	592	617	484	715	433	322	332	358	284
Pen. Matahari (n/N) Rata-rata	%	Data	35,58	33,85	36,39	37,89	33,31	33,54	37,36	29,04	21,39	20,31	22,59	21,96
Tekanan Uap Jenuh, ea	mbar	Tabel	36,5890	37,4047	39,0497	38,5044	39,9160	40,0693	40,6827	41,6094	39,5633	39,1033	38,4133	38,7703
RH	%	Data	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92
Tekanan Uap Aktual, ed	mbar	Perhit	33,6619	34,3889	35,9257	35,4481	36,7759	36,9172	37,6993	38,5667	36,5038	36,0793	35,4939	35,6929
(ea-ed)	mbar	Perhit	2,9271	3,0158	3,1240	3,0563	3,1401	3,1521	2,9834	3,0427	3,0596	3,0240	2,9194	3,0774
Faktor Kec. Angin f(U)		Perhit	1,2838	1,3416	1,6587	1,8981	1,9339	1,5775	2,1992	1,4377	1,1360	1,1654	1,2328	1,0373
Faktor Pembobot, W		Tabel	0,7657	0,7706	0,7742	0,7730	0,7761	0,7764	0,7777	0,7797	0,7753	0,7743	0,7728	0,7736
(1-W)		Perhit	0,2343	0,2294	0,2258	0,2270	0,2240	0,2236	0,2223	0,2203	0,2247	0,2257	0,2272	0,2264
Ra	mm/hr	Tabel	12,5275	12,5275	13,5850	13,5850	14,8425	14,8425	15,8575	15,8575	16,1150	16,1150	16,1150	16,1150
Intensitas Pen. Matahari	%	Data	0,3558	0,3385	0,3639	0,3789	0,3331	0,3354	0,3736	0,2904	0,2139	0,2031	0,2259	0,2196
Rs	mm/hari	Perhit	5,5387	5,4221	6,0657	6,1759	6,3804	6,3990	7,1636	6,4508	5,8900	5,7966	5,9948	5,9399
Rns	mm/hari	Perhit	4,1540	4,0665	4,5493	4,6319	4,7853	4,7992	5,3727	4,8381	4,4175	4,3474	4,4961	4,4549
Kor. Tek. Uap Air, f(ed)		Perhit	0,0817	0,0800	0,0800	0,0800	0,0761	0,0754	0,0715	0,0672	0,0775	0,0796	0,0800	0,0800
Kor. Pen. Matahari, f(n/N)		Perhit	0,4258	0,4108	0,4311	0,4431	0,4031	0,4054	0,4389	0,3623	0,2939	0,2831	0,3059	0,2996
Kor. Temperatur, f(T)		Tabel	16,1847	16,2656	16,4087	16,3613	16,4840	16,4973	16,5507	16,6313	16,4533	16,4133	16,3533	16,3844
Radiasi Bumi, Rn1	mm/hari	Perhit	0,5629	0,5346	0,5659	0,5800	0,5058	0,5044	0,5194	0,4047	0,3747	0,3699	0,4002	0,3927
Radiasi Netto, Rn	mm/hari	Perhit	3,5911	3,5319	3,9834	4,0519	4,2795	4,2948	4,8533	4,4334	4,0429	3,9775	4,0959	4,0622
Nilai koreksi, c		Tabel	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Evapotranspirasi, ET ₀	mm/hari	Perhit	3,27	3,28	4,25	4,45	5,15	4,89	5,76	4,86	4,31	4,26	4,38	4,25
Evapotranspirasi, ET ₀	mm/15hari	Perhit	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77

5.1.4 Nilai Pendugaan Parameter DAS

Pendugaan parameter DAS model Mock pada tahun 2012 dilakukan dengan cara *trial and error*. Nilai awal parameter merupakan nilai batas minimum dan maksimum dari parameter model F.J. Mock. Kemudian dihitung nilai perubahan air di zona permukaan dan di akuifer sampai didapatkan parameter model yang optimum, yaitu dengan nilai *inflow – outflow*, perubahan *upper zone soil moisture*, dan perubahan *groundwater storage* mendekati 0. Berikut ini merupakan perhitungan nilai parameter DAS.

Tabel 5.7 Nilai Parameter DAS

Parameter DAS	Satuan	Simbol	Minimum	Optimum	Maksimum
Luas DAS	km ²	A	-	129,94	-
Koefisien infiltrasi musim basah	-	WIC	0,35	0,51	0,75
Koefisien infiltrasi musim kemarau	-	DIC	0,5	0,51	1
<i>Initial Soil Moisture</i>	mm	ISM	30	365,00	365
<i>Soil Moisture Capacity</i>	mm	SMC	100	365,00	365
<i>Initial Groundwater Storage</i>	mm	IGWS	50	125,61	2000
<i>Groundwater Recession Constant</i>	-	k	0,75	0,91	1
<i>inflow – outflow</i>	mm		-1	0	1
Perubahan <i>upper zone soil moisture</i>	mm		-1	0	1
Perubahan <i>groundwater storage</i>	mm		-1	1	1

Setelah menetapkan nilai optimum untuk perhitungan debit terhitung pada tahun 2012, maka nilai optimum tersebut dapat digunakan untuk perhitungan debit terhitung tahun selanjutnya.

5.1.5 Debit Model F.J. Mock

Berikut adalah perhitungan debit simulasi dengan menggunakan metode F.J. Mock dan memakai pendugaan parameter yang sudah diperoleh nilai optimum pada tahun 2012.

1. Evapotranspirasi aktual (AET)

Nilai *Exposed surface* (m) diperoleh dari data tata guna lahan pada daerah Ponorogo yang sebagian besar berfungsi untuk lahan pertanian, sehingga nilai

m yang dipakai antara 20%-50%. Pada penelitian ini nilai m yang digunakan adalah $m = 35\%$. Nilai ET_0 pada bulan Januari Periode 1 diperoleh sebesar 67,28 mm/15hari. Kemudian jumlah hari hujan (n) adalah 12 hari.

Berikut merupakan contoh perhitungan pada bulan Januari tahun 2012 Periode 1 menggunakan Persamaan (3.10) dan (3.11).

$$\begin{aligned} E &= \frac{ET_0 \times m (18 - n)}{20} \\ &= \frac{67,28 \times (35\%) \times (18 - 12)}{20} \\ &= 7,06 \text{ mm/15hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AET &= ET_0 - E \\ &= 67,28 - 7,06 \\ &= 60,22 \text{ mm/15hari} \end{aligned}$$

2. Keseimbangan Air

a. *Excess Rainfall*

Kelebihan air hujan (*excess rainfall*) dapat dihitung menggunakan persamaan (3.12). Nilai curah hujan berdasarkan data pada Tabel 5.2 diperoleh sebesar 241 mm/15hari. Berikut ini merupakan perhitungan *excess rainfall* pada bulan Januari periode 1 tahun 2012.

$$\begin{aligned} ER &= P - AET \\ &= 241 - 60,22 \\ &= 180,78 \text{ mm/15hari} \end{aligned}$$

b. *Soil Moisture Storage (SMS)*

Perhitungan *Soil Moisture Storage (SMS)* pada bulan pertama menggunakan nilai *Initial Soil Moisture (ISM)* yang dilakukan secara *trial and error* dan didapatkan nilai ISM sebesar 365,00 mm. Berikut adalah perhitungan SMS pada bulan Januari periode 1 tahun 2012

$$\begin{aligned} SMS &= ISM + ER \\ &= 365,00 + 180,78 \\ &= 545,78 > SMC \\ SMS &= 365,00 \text{ mm/15hari} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya nilai SMS tergantung dari nilai *soil moisture capacity* (SMC). Jika nilai SMS bernilai positif dan lebih besar dari SMC, maka hasil yang dipakai menggunakan nilai SMC. Sedangkan jika nilai $0 \leq \text{SMS} \leq \text{SMC}$ maka nilai yang dipakai adalah berdasarkan hasil perhitungan.

c. *Water Surplus* (WS)

Apabila hasil perhitungan $\text{ER} - (\text{SMC} - \text{ISM}) < 0$ maka nilai $\text{WS} = 0$.

Berikut adalah perhitungan *Water Surplus* pada bulan Januari periode 1 tahun 2012

$$\begin{aligned}\text{WS} &= \text{ER} - (\text{SMC} - \text{ISM}) \\ &= 180,78 - (365,00 - 365,00) \\ &= 180,78 \text{ mm/15hari}\end{aligned}$$

3. Limpasan dan Penyimpanan Air Tanah

a. Infiltrasi (I)

Perhitungan infiltrasi menggunakan koefisien infiltrasi yang tergantung pada jenis musimnya. Apabila musim hujan menggunakan *wet infiltration coefficient* (WIC), sedangkan untuk musim kemarau menggunakan *dry infiltration coefficient* (DIC). Pada perhitungan tahun 2012 ini musim kemarau adalah bulan Juni sampai Oktober dan musim hujan adalah bulan November sampai Mei. Berikut ini adalah perhitungan infiltrasi pada bulan Januari Periode 1 Tahun 2012.

$$\begin{aligned}I &= \text{WIC} \times \text{WS} \\ &= 0,51 \times 180,78 \\ &= 92,68 \text{ mm/15hari}\end{aligned}$$

b. *Groundwater Storage* (GWS)

Pada perhitungan GWS dipengaruhi oleh *Groundwater Recession Constant* (k) dan *Initial Groundwater Storage* (IGWS). Nilai k yang telah di optimasi sebesar 0,91 dan nilai IGWS sebesar 125,61. Berikut adalah perhitungan pada bulan Januari Periode 1 Tahun 2012.

$$\begin{aligned}\text{GWS} &= 0,5 \times (I + k) \times I + k \times \text{IGWS} \\ &= 0,5 \times (92,68 + 0,91) \times 92,68 + 0,91 \times 125,61\end{aligned}$$

$$= 202,54 \text{ mm/15hari}$$

c. *Base Flow* (BSF)

Berikut adalah perhitungan aliran dasar pada bulan Januari Periode 1 Tahun 2012.

$$\begin{aligned} \text{BSF} &= I - (\text{GWS} - \text{IGWS}) \\ &= 92,68 - (202,54 - 125,61) \\ &= 15,76 \text{ mm/15hari} \end{aligned}$$

d. *Direct Runoff* (DRO)

Berikut adalah perhitungan *direct runoff* / limpasan langsung pada bulan Januari Periode 1 Tahun 2012.

$$\begin{aligned} \text{DRO} &= \text{WS} - I \\ &= 180,78 - 92,68 \\ &= 88,10 \text{ mm/15hari} \end{aligned}$$

e. *Total Runoff* (TRO)

Berikut adalah perhitungan total *runoff* / aliran total pada bulan Januari Periode 1 Tahun 2012.

$$\begin{aligned} \text{TRO} &= \text{DRO} + \text{BSF} \\ &= 88,10 + 15,76 \\ &= 103,86 \text{ mm/15hari} \end{aligned}$$

f. Debit Terhitung (Qcal)

Berikut adalah perhitungan Qcal pada bulan Januari Periode 1 Tahun 2012.

$$\begin{aligned} \text{Qcal} &= \frac{A \times \text{TRO} \times 1000}{H \times 24 \times 3600} \\ &= \frac{129,94 \times 103,86 \times 1000}{15 \times 24 \times 3600} \\ &= 10,41 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan pada bulan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama. Kemudian untuk tahun 2013 sampai 2021 menggunakan parameter data optimum pada tahun 2012. Rekapitulasi hasil perhitungan debit terhitung pada tahun 2012 dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9.

kemudian untuk hasil rekapitulasi tahun 2012 – 2021 dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.8 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Tengah Bulan Januari – Juni Tahun 2012

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	241,00	172,00	39,00	308,00	91,00	59,00	276,00	32,00	150,00	91,00	3,00	0,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	12,00	10,00	7,00	11,00	13,00	7,00	13,00	4,00	8,00	3,00	2,00	0,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	7,06	8,21	11,27	7,53	4,65	12,19	4,25	11,95	8,48	12,26	12,40	13,17
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	60,22	50,45	47,29	53,92	48,49	51,13	44,31	36,83	39,99	34,44	31,88	28,63
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	180,78	121,55	-8,29	254,08	42,51	7,87	231,69	-4,83	110,01	56,56	-28,88	-28,63
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	365,00	365,00	356,71	365,00	365,00	365,00	365,00	360,17	365,00	365,00	336,12	307,49
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	180,78	121,55	0,00	245,80	42,51	7,87	231,69	0,00	105,18	56,56	0,00	0,00
Infiltrasi (I)	mm/15hari	92,68	62,32	0,00	126,02	21,79	4,03	118,78	0,00	53,92	29,00	0,00	0,00
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	202,54	243,43	221,12	321,09	312,46	287,67	374,64	340,30	360,56	355,18	322,63	293,06
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	15,76	21,42	22,31	26,04	30,43	28,82	31,81	34,34	33,66	34,38	32,56	29,57
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	88,10	59,23	0,00	119,78	20,71	3,83	112,91	0,00	51,26	27,56	0,00	0,00
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	103,86	80,65	22,31	145,82	51,14	32,66	144,72	34,34	84,92	61,94	32,56	29,57
Qcal.	m ³ /s	10,41	7,58	2,24	16,87	5,13	3,07	14,51	3,44	8,51	5,82	3,26	2,96
Vol.Qcal.	MCM	13,50	10,48	2,90	18,95	6,65	4,24	18,80	4,46	11,03	8,05	4,23	3,84

Tabel 5.9 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Tengah Bulan Juli – Desember Tahun 2012

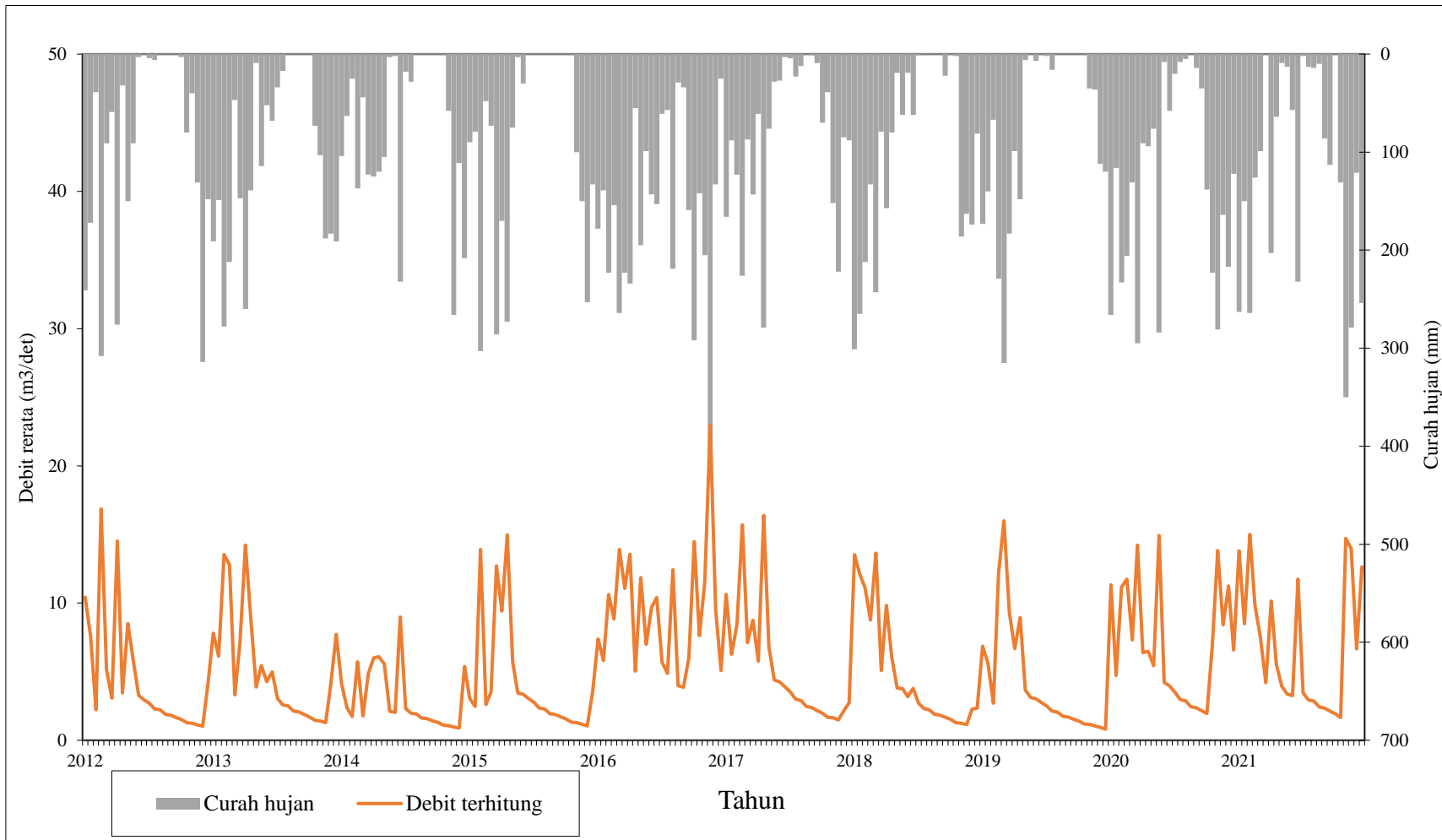
Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	4,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	80,00	40,00	131,00	314,00	148,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	5,00	5,00	9,00	14,00	12,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	14,58	15,52	20,10	21,02	24,33	23,11	25,69	16,59	14,70	10,07	4,60	6,70
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	34,43	33,75	43,71	45,71	52,91	50,25	60,66	56,34	49,91	53,87	61,12	57,08
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	-30,43	-27,75	-43,71	-45,71	-52,91	-50,25	-57,66	23,66	-9,91	77,13	252,88	90,92
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	277,06	249,31	205,60	159,89	106,98	56,72	0,00	23,66	13,75	90,88	343,76	365,00
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,68
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,73
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	266,20	241,80	219,63	199,50	181,22	164,61	149,52	135,81	123,37	112,06	101,79	126,55
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	26,86	24,40	22,16	20,13	18,29	16,61	15,09	13,70	12,45	11,31	10,27	10,97
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,96
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	26,86	24,40	22,16	20,13	18,29	16,61	15,09	13,70	12,45	11,31	10,27	44,92
Qcal.	m ³ /s	2,69	2,29	2,22	1,89	1,83	1,67	1,51	1,29	1,25	1,13	1,03	4,22
Vol.Qcal.	MCM	3,49	3,17	2,88	2,62	2,38	2,16	1,96	1,78	1,62	1,47	1,33	5,84

Tabel 5.10 Rekapitulasi Debit Perhitungan Tengah Bulan Januari – Juni Tahun 2012 – 2021 (m³/s)

Tahun	Bulan											
	1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
2012	10,41	7,58	2,24	16,87	5,13	3,07	14,51	3,44	8,51	5,82	3,26	2,96
2013	7,80	6,12	13,52	12,78	3,30	7,15	14,22	8,84	3,88	5,45	4,27	5,00
2014	4,10	2,37	1,73	5,71	1,78	4,87	6,01	6,09	5,56	2,10	2,04	8,98
2015	3,05	2,47	13,91	2,61	3,52	12,70	9,42	14,97	5,72	3,46	3,35	3,04
2016	7,39	5,82	10,62	8,85	13,90	11,08	13,55	5,05	11,85	7,00	9,70	10,41
2017	10,64	6,27	8,44	15,70	7,11	8,75	5,77	16,38	6,84	4,40	4,27	3,87
2018	13,53	12,13	11,12	8,76	13,64	5,09	9,84	6,02	3,80	3,76	3,18	3,79
2019	6,86	5,60	2,70	12,15	15,99	9,31	6,67	8,94	3,67	3,12	3,03	2,75
2020	11,33	4,73	11,14	11,75	7,32	14,22	6,38	6,48	5,44	14,92	4,21	3,96
2021	13,81	8,50	15,02	9,80	7,51	4,19	10,14	5,52	3,95	3,36	3,26	11,75

Tabel 5.11 Rekapitulasi Debit Perhitungan Tengah Bulan Juli – Desember Tahun 2012 – 2021 (m³/s)

Tahun	Bulan											
	1-Jul	2-Jul	1-Agu	2-Agu	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
2012	2,69	2,29	2,22	1,89	1,83	1,67	1,51	1,29	1,25	1,13	1,03	4,22
2013	3,04	2,59	2,51	2,13	2,07	1,88	1,71	1,45	1,41	1,28	4,10	7,71
2014	2,31	1,97	1,90	1,62	1,57	1,43	1,30	1,10	1,07	0,97	0,88	5,38
2015	2,77	2,35	2,28	1,94	1,88	1,71	1,55	1,32	1,28	1,16	1,06	3,53
2016	5,67	4,88	12,43	3,99	3,87	6,00	14,48	7,62	11,59	22,96	9,55	5,08
2017	3,52	3,00	2,90	2,47	2,40	2,18	1,98	1,68	1,63	1,48	2,13	2,75
2018	2,71	2,30	2,23	1,90	1,84	1,67	1,52	1,29	1,25	1,14	2,27	2,35
2019	2,50	2,13	2,06	1,75	1,70	1,54	1,40	1,19	1,16	1,05	0,95	0,81
2020	3,48	2,97	2,88	2,45	2,37	2,16	1,96	6,90	13,83	8,41	11,25	6,57
2021	3,46	2,95	2,85	2,43	2,35	2,14	1,94	1,65	14,71	13,96	6,67	12,65



Gambar 5.2 Grafik Debit Terhitung Tahun 2012 – 2021 (m³/s)

5.1.6 Debit Andalan Metode F.J. Mock

Perhitungan debit andalan metode F.J. Mock adalah sebagai berikut.

1. Data debit andalan metode F.J. Mock dari tahun 2012 sampai tahun 2021 sebagai berikut.

Tabel 5.12 Data Debit Terukur Tahun 2012 – 2021

Bulan	Periode	Tahun				
		2012	2013	2014	2015	2016
Januari	1	10,41	7,80	4,10	3,05	7,39
	2	7,58	6,12	2,37	2,47	5,82
Februari	1	2,24	13,52	1,73	13,91	10,62
	2	16,87	12,78	5,71	2,61	8,85
Maret	1	5,13	3,30	1,78	3,52	13,90
	2	3,07	7,15	4,87	12,70	11,08
April	1	14,51	14,22	6,01	9,42	13,55
	2	3,44	8,84	6,09	14,97	5,05
Mei	1	8,51	3,88	5,56	5,72	11,85
	2	5,82	5,45	2,10	3,46	7,00
Juni	1	3,26	4,27	2,04	3,35	9,70
	2	2,96	5,00	8,98	3,04	10,41
Juli	1	2,69	3,04	2,31	2,77	5,67
	2	2,29	2,59	1,97	2,35	4,88
Agustus	1	2,22	2,51	1,90	2,28	12,43
	2	1,89	2,13	1,62	1,94	3,99
September	1	1,83	2,07	1,57	1,88	3,87
	2	1,67	1,88	1,43	1,71	6,00
Oktober	1	1,51	1,71	1,30	1,55	14,48
	2	1,29	1,45	1,10	1,32	7,62
November	1	1,25	1,41	1,07	1,28	11,59
	2	1,13	1,28	0,97	1,16	22,96
Desember	1	1,03	4,10	0,88	1,06	9,55
	2	4,22	7,71	5,38	3,53	5,08

Lanjutan Tabel 5.12 Data Debit Terukur Tahun 2012 – 2021

Bulan	Periode	Tahun				
		2017	2018	2019	2020	2021
Januari	1	10,64	13,53	6,86	11,33	13,81
	2	6,27	12,13	5,60	4,73	8,50
Februari	1	8,44	11,12	2,70	11,14	15,02

Lanjutan Tabel 5.12 Data Debit Terukur Tahun 2012 – 2021

Bulan	Periode	Tahun				
		2017	2018	2019	2020	2021
Februari	2	15,70	8,76	12,15	11,75	9,80
Maret	1	7,11	13,64	15,99	7,32	7,51
	2	8,75	5,09	9,31	14,22	4,19
April	1	5,77	9,84	6,67	6,38	10,14
	2	16,38	6,02	8,94	6,48	5,52
Mei	1	6,84	3,80	3,67	5,44	3,95
	2	4,40	3,76	3,12	14,92	3,36
Juni	1	4,27	3,18	3,03	4,21	3,26
	2	3,87	3,79	2,75	3,96	11,75
Juli	1	3,52	2,71	2,50	3,48	3,46
	2	3,00	2,30	2,13	2,97	2,95
Agustus	1	2,90	2,23	2,06	2,88	2,85
	2	2,47	1,90	1,75	2,45	2,43
September	1	2,40	1,84	1,70	2,37	2,35
	2	2,18	1,67	1,54	2,16	2,14
Oktober	1	1,98	1,52	1,40	1,96	1,94
	2	1,68	1,29	1,19	6,90	1,65
November	1	1,63	1,25	1,16	13,83	14,71
	2	1,48	1,14	1,05	8,41	13,96
Desember	1	2,13	2,27	0,95	11,25	6,67
	2	2,75	2,35	0,81	6,57	12,65

2. Data debit tiap periode diurutkan dari nilai terbesar ke nilai terkecil. Contoh perhitungan pada bulan Januari Periode 1 Tahun 2012 sebagai berikut.

Tabel 5.13 Debit Bulan Januari Periode 1 Tahun 2012 Setelah Diurutkan

Peringkat (m)	1-Januari
1	13,81
2	13,53
3	11,33
4	10,64
5	10,41
6	7,80
7	7,39
8	6,86
9	4,10
10	3,05

3. Menghitung nilai probabilitas (P) dari hasil aliran permukaan yang telah diurutkan. Berikut untuk perhitungan nilai probabilitas.

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

$$n = 10$$

$$\text{Peluang 1} = \frac{1}{10+1} \times 100 = 9,09 \%$$

$$\text{Peluang 2} = \frac{2}{10+1} \times 100 = 18,18 \%$$

$$\text{Peluang 3} = \frac{3}{10+1} \times 100 = 27,27 \%$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama. Maka diperoleh nilai P pada bulan Januari sebagai berikut.

Tabel 5.14 Nilai Probabilitas Pada Bulan Januari Periode 1 Tahun 2012

Peringkat (m)	1-Januari (mm)	Probabilitas (%)
1	13,81	9,09
2	13,53	18,18
3	11,33	27,27
4	10,64	36,36
5	10,41	45,45
6	7,80	54,55
7	7,39	63,64
8	6,86	72,73
9	4,10	81,82
10	3,05	90,91

Perhitungan nilai P pada bulan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan berikut adalah hasil yang didapatkan.

Tabel 5.15 Debit Andalan Terukur 90% (m³/s)

Peringkat (m)	P	Bulan											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
1	9,09	13,81	12,13	15,02	16,87	15,99	14,22	14,51	16,38	11,85	14,92	9,70	11,75
2	18,18	13,53	8,50	13,91	15,70	13,90	12,70	14,22	14,97	8,51	7,00	4,27	10,41
3	27,27	11,33	7,58	13,52	12,78	13,64	11,08	13,55	8,94	6,84	5,82	4,27	8,98
4	36,36	10,64	6,27	11,14	12,15	7,51	9,31	10,14	8,84	5,72	5,45	4,21	5,00
5	45,45	10,41	6,12	11,12	11,75	7,32	8,75	9,84	6,48	5,56	4,40	3,35	3,96
6	54,55	7,80	5,82	10,62	9,80	7,11	7,15	9,42	6,09	5,44	3,76	3,26	3,87
7	63,64	7,39	5,60	8,44	8,85	5,13	5,09	6,67	6,02	3,95	3,46	3,26	3,79
8	72,73	6,86	4,73	2,70	8,76	3,52	4,87	6,38	5,52	3,88	3,36	3,18	3,04
9	81,82	4,10	2,47	2,24	5,71	3,30	4,19	6,01	5,05	3,80	3,12	3,03	2,96
10	90,91	3,05	2,37	1,73	2,61	1,78	3,07	5,77	3,44	3,67	2,10	2,04	2,75
Q ₉₀	90	3,15	2,38	1,78	2,92	1,93	3,18	5,80	3,60	3,68	2,21	2,14	2,77

Lanjutan Tabel 5.16 Debit Andalan Terukur 90% (m³/s)

Peringkat (m)	P	Bulan											
		1-Jul	2-Jul	1-Agu	2-Agu	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
1	9,09	5,67	4,88	12,43	3,99	3,87	6,00	14,48	7,62	14,71	22,96	11,25	12,65
2	18,18	3,52	3,00	2,90	2,47	2,40	2,18	1,98	6,90	13,83	13,96	9,55	7,71
3	27,27	3,48	2,97	2,88	2,45	2,37	2,16	1,96	1,68	11,59	8,41	6,67	6,57
4	36,36	3,46	2,95	2,85	2,43	2,35	2,14	1,94	1,65	1,63	1,48	4,10	5,38
5	45,45	3,04	2,59	2,51	2,13	2,07	1,88	1,71	1,45	1,41	1,28	2,27	5,08
6	54,55	2,77	2,35	2,28	1,94	1,88	1,71	1,55	1,32	1,28	1,16	2,13	4,22
7	63,64	2,71	2,30	2,23	1,90	1,84	1,67	1,52	1,29	1,25	1,14	1,06	3,53
8	72,73	2,69	2,29	2,22	1,89	1,83	1,67	1,51	1,29	1,25	1,13	1,03	2,75
9	81,82	2,50	2,13	2,06	1,75	1,70	1,54	1,40	1,19	1,16	1,05	0,95	2,35
10	90,91	2,31	1,97	1,90	1,62	1,57	1,43	1,30	1,10	1,07	0,97	0,88	0,81
Q ₉₀	90	2,33	1,98	1,92	1,64	1,58	1,44	1,31	1,11	1,08	0,98	0,89	0,97

5.2 Kebutuhan Air Baku

Pertumbuhan penduduk dan laju pertumbuhan penduduk menjadi faktor yang penting dalam menghitung kebutuhan air baku supaya bisa mengetahui jumlah air yang dibutuhkan penduduk untuk masa mendatang. Dalam penelitian ini disimulasikan untuk kebutuhan Kabupaten Ponorogo. Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data sensus penduduk Kabupaten Ponorogo pada tahun 2012 dengan jumlah penduduk 861.806 jiwa dan dibandingkan dengan sensus penduduk padat tahun 2021 dengan jumlah penduduk 955.839 jiwa. Laju pertumbuhan penduduk dicari menggunakan metode geometrik untuk mendapatkan nilai proyeksi penduduk Kabupaten Ponorogo untuk 10 tahun mendatang yaitu tahun 2031. Berikut adalah perhitungan air baku penduduk.

$$\begin{aligned} \text{Laju pertumbuhan} &= \left(\frac{P_t}{P_0}\right)^{\frac{1}{T}} - 1 \\ &= \left(\frac{955893}{861806}\right)^{\frac{1}{(2021-2012)}} - 1 \\ &= 1,04\% \end{aligned}$$

Dari persamaan tersebut didapatkan persamaan *forward projection*:

$$\begin{aligned} P_0 &= 955.839 \text{ jiwa} \\ r &= 1,04\% \\ P_n &= 955.839 (1 + (1,04\%))^n \\ &= 955.839 (1 + (1,04\%))^1 \\ &= 965.789,03 \text{ jiwa} \end{aligned}$$

Tahun selanjutnya menggunakan cara yang sama dengan perhitungan di atas menggunakan persamaan *forward projection*. Sehingga didapatkan hasil seperti berikut.

Tabel 5.16 Laju Pertumbuhan Penduduk

Tahun	n	Metode Geometrik
		Jiwa
2021	0	955.839,00
2022	1	965.789,03
2023	2	986.000,91
2024	3	1.017.114,60

Lanjutan Tabel 5.17 Laju Pertumbuhan Penduduk

Tahun	n	Metode Geometrik
		Jiwa
2025	4	1.060.132,09
2026	5	1.116.471,38
2027	6	1.188.044,58
2028	7	1.277.366,14
2029	8	1.387.699,99
2030	9	1.523.257,40
2031	10	1.689.462,39

Dari hasil perhitungan laju pertumbuhan penduduk diatas didapatkan jumlah penduduk Kabupaten Ponorogo pada tahun 2031 berjumlah 1.689.462,39 jiwa. Berdasarkan Tabel 3.6 maka Kabupaten Ponorogo termasuk dalam kategori kota metropolitan karena jumlah penduduk lebih dari 1.000.000 jiwa. Berdasarkan kriteria Ditjen Cipta Karya Dinas PU (1996) untuk kota metropolitan perhitungan yang dipakai adalah sebagai berikut.

1. Konsumsi sambungan rumah tangga (SR) sebesar 150 liter/orang/hari
2. Konsumsi sambungan hidran umum (HU) sebesar 40 liter/orang/hari
3. Perbandingan antara sambungan rumah tangga dengan hidran umum sebesar 80:20

Perhitungan kebutuhan air baku meliputi perhitungan kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik sebagai berikut.

5.2.1 Kebutuhan Air Domestik

Perhitungan kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan sambungan rumah tangga (SR) dan kebutuhan sambungan hidran umum (HU) berdasarkan laju pertumbuhan penduduk. Jumlah konsumsi sambungan rumah tangga dihitung dengan cara jumlah penduduk terlayani dikali dengan jumlah konsumsi air rerata. Pada perhitungan ini tingkat pelayanan yang digunakan adalah 80% dan konsumsi air rerata sebesar 150 liter/orang/hari. Berikut adalah perhitungan kebutuhan sambungan rumah tangga (SR).

Jumlah terlayani = jumlah penduduk 2021 \times tingkat pelayanan

$$= 955.839 \times 80\%$$

$$= 764671 \text{ jiwa}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{jumlah terlayani} \times \text{konsumsi air rerata} \\
 &= 764.671 \times 150 \\
 &= 114.700.680 \text{ liter/hari} \\
 &= 1.327,5542 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Tahun selanjutnya digunakan perhitungan yang sama, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.17 Kebutuhan Air Baku untuk Sambungan Rumah Tangga

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (Jiwa)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/jiwa/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	955.839	80	764.671	150	114.700.680	1.327,5542
2022	965.789	80	772.631	150	115.894.684,1	1.341,3737
2023	986.001	80	788.801	150	118.320.109,4	1.369,4457
2024	1.017.115	80	813.692	150	122.053.751,5	1.412,6592
2025	1.060.132	80	848.106	150	127.215.850,5	1.472,4057
2026	1.116.471	80	893.177	150	133.976.566,1	1.550,6547
2027	1.188.045	80	950.436	150	142.565.349,2	1.650,0619
2028	1.277.366	80	1.021.893	150	153.283.936,7	1.774,1196
2029	1.387.700	80	1.110.160	150	166.523.999,1	1.927,3611
2030	1.523.257	80	1.218.606	150	182.790.887,7	2.115,6353
2031	1.689.462	80	1.351.570	150	202.735.487,2	2.346,4755

Jumlah kebutuhan air baku untuk sambungan hidran umum dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk yang terlayani dengan jumlah konsumsi air rerata. Pada perhitungan ini tingkat pelayanan yang dipakai sebesar 20% dan jumlah konsumsi air rerata sebesar 40 liter/orang/hari. Berikut adalah perhitungan air baku untuk sambungan hidran umum (HU).

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah terlayani} &= \text{jumlah penduduk 2021} \times \text{tingkat pelayanan} \\
 &= 955.839 \times 40\% \\
 &= 191.168 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{jumlah terlayani} \times \text{konsumsi air rerata} \\
 &= 191.168 \times 40 \\
 &= 7.646.712 \text{ liter/hari} \\
 &= 88,5036 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Tahun selanjutnya digunakan perhitungan yang sama, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.18 Kebutuhan Air Baku untuk Sambungan Hidran Umum

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Tingkat Pelayanan (%)	Jumlah Terlayani (Jiwa)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/jiwa/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	955.839	20	191.168	40	7.646.712	88,5036
2022	965.789	20	193.158	40	7.726.312	89,4249
2023	986.001	20	197.200	40	7.888.007	91,2964
2024	1.017.115	20	203.423	40	8.136.917	94,1773
2025	1.060.132	20	212.026	40	8.481.057	98,1604
2026	1.116.471	20	223.294	40	8.931.771	103,3770
2027	1.188.045	20	237.609	40	9.504.357	110,0041
2028	1.277.366	20	255.473	40	10.218.929	118,2746
2029	1.387.700	20	277.540	40	11.101.600	128,4907
2030	1.523.257	20	304.651	40	12.186.059	141,0424
2031	1.689.462	20	337.892	40	13.515.699	156,4317

Dari hasil perhitungan di atas selanjutnya dijumlahkan total kebutuhan air untuk sambungan rumah tangga dan hidran umum sehingga didapatkan total kebutuhan air domestik. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan kebutuhan air domestik.

Tabel 5.19 Kebutuhan Air Domestik

Tahun	SR	HU	Kebutuhan Air Domestik (liter/detik)
2021	1.327,55417	88,5036	1.416,0578
2022	1.341,37366	89,4249	1.430,7986
2023	1.369,44571	91,2964	1.460,7421
2024	1.412,65916	94,1773	1.506,8364
2025	1.472,40568	98,1604	1.570,5661
2026	1.550,6547	103,3770	1.654,0317
2027	1.650,06191	110,0041	1.760,0660
2028	1.774,11964	118,2746	1.892,3943
2029	1.927,3611	128,4907	2.055,8518
2030	2.115,63527	141,0424	2.256,6776
2031	2.346,47555	156,4317	2.502,9072

5.2.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik dihitung berdasarkan jumlah fasilitas yang dipakai. Fasilitas-fasilitas tersebut meliputi fasilitas pendidikan, peribadatan, kesehatan, dan industri/komersil. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik.

1. Fasilitas Pendidikan

Perhitungan kebutuhan air baku untuk fasilitas pendidikan ditentukan dari jumlah pelajar yang ada di Kabupaten Ponorogo. Berdasarkan data dari kemendikbud jumlah murid di Kabupaten Ponorogo pada tahun 2021 adalah 126.067 murid. Laju pertumbuhan pelajar diasumsikan sama dengan angka laju pertumbuhan penduduk Kabupaten Ponorogo. Berdasarkan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, konsumsi air untuk fasilitas pendidikan sebesar 10 liter/orang/hari. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas pendidikan pada tahun 2021.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air} &= \text{jumlah pelajar} \times \text{konsumsi air rerata} \\
 &= 177.792 \times 10 \\
 &= 1.777.920 \text{ liter/hari} \\
 &= 20,58 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.20 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Pendidikan

Tahun	Jumlah Pelajar (Jiwa)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/jiwa/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan (lt/det)
2021	126.067	10	1.260.670	14,59
2022	127.379	10	1.273.793,245	14,74
2023	130.045	10	1.300.450,985	15,05
2024	134.149	10	1.341.487,277	15,53
2025	139.822	10	1.398.223,675	16,18
2026	147.253	10	1.472.530,395	17,04
2027	156.693	10	1.566.929,323	18,14
2028	168.474	10	1.684.736,834	19,50

Lanjutan Tabel 5.20 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Pendidikan

Tahun	Jumlah Pelajar (Jiwa)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/jiwa/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan (lt/det)
2029	183.026	10	1.830.257,763	21,18
2030	200.905	10	2.009.046,402	23,25
2031	222.826	10	2.228.256,595	25,79

2. Fasilitas Rumah Sakit

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Ponorogo jumlah rumah sakit pada tahun 2021 sebanyak 7 unit. Pertumbuhan jumlah rumah sakit diasumsikan bertambah sebanyak 1 unit per 10 tahun. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas rumah sakit.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata} \\
 &= 7 \times 400 \\
 &= 2.800 \text{ liter/hari} \\
 &= 0,032 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.21 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Rumah Sakit

Tahun	Jumlah Fasilitas (unit)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	7	400	2.800	0,032
2022	7	400	2.800	0,032
2023	7	400	2.800	0,032
2024	7	400	2.800	0,032
2025	7	400	2.800	0,032
2026	7	400	2.800	0,032
2027	7	400	2.800	0,032
2028	7	400	2.800	0,032
2029	7	400	2.800	0,032
2030	7	400	2.800	0,032
2031	8	400	3.200	0,037

3. Fasilitas Puskesmas

Kebutuhan air baku untuk fasilitas puskesmas menggunakan data jumlah unit puskesmas yang ada di Kabupaten Ponorogo. Berdasarkan data dari BPS Kabupaten Ponorogo jumlah puskesmas tahun 2021 sebanyak 93 unit. Pertumbuhan diasumsikan bertambah 4 unit per 3 tahun. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas Puskesmas.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata} \\
 &= 93 \times 2000 \\
 &= 186.000 \text{ liter/hari} \\
 &= 2,153 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.22 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Puskesmas

Tahun	Jumlah Fasilitas (unit)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/unit/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	93	2.000	186.000	2,153
2022	93	2.000	186.000	2,153
2023	93	2.000	186.000	2,153
2024	97	2.000	194.000	2,245
2025	97	2.000	194.000	2,245
2026	97	2.000	194.000	2,245
2027	101	2.000	202.000	2,338
2028	101	2.000	202.000	2,338
2029	101	2.000	202.000	2,338
2030	105	2.000	210.000	2,431
2031	105	2.000	210.000	2,431

4. Fasilitas Peribadatan

Perhitungan kebutuhan air baku untuk peribadatan berdasarkan jumlah fasilitas yang diperoleh dari BPS Provinsi Jawa Timur tahun 2021. Jumlah masjid di Kabupaten Ponorogo tahun 2021 sebanyak 2127 unit. Pertumbuhan jumlah masjid diasumsikan bertambah 100 unit per tahun.

Kebutuhan rerata air untuk fasilitas peribadatan diperoleh dari Ditjen Cipta Karya Dinas PU antara lain, bangunan masjid sebesar 3.000 liter/unit/hari,

bangunan mushola sebesar 2.000 liter/unit/hari, dan bangunan gereja sebesar 500 liter/unit/hari. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas masjid.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata} \\ &= 2127 \times 3.000 \\ &= 6381.000 \text{ liter/hari} \\ &= 73,854 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.23 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Masjid

Tahun	Jumlah Fasilitas (unit)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/unit/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	2.127	3.000	6.381.000	73,854
2022	2.227	3.000	6.681.000	77,326
2023	2.327	3.000	6.981.000	80,799
2024	2.427	3.000	7.281.000	84,271
2025	2.527	3.000	7.581.000	87,743
2026	2.627	3.000	7.881.000	91,215
2027	2.727	3.000	8.181.000	94,688
2028	2.827	3.000	8.481.000	98,160
2029	2.927	3.000	8.781.000	101,632
2030	3.027	3.000	9.081.000	105,104
2031	3.127	3.000	9.381.000	108,576

Berdasarkan data dari BPS Provinsi Jawa Timur tahun 2021, jumlah mushola di Kabupaten Ponorogo tahun 2021 sebanyak 3.402 unit. Pertumbuhan jumlah masjid diasumsikan bertambah 33 unit per tahun. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas mushola.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata} \\ &= 3.402 \times 2.000 \\ &= 6.804.000 \text{ liter/hari} \\ &= 78,750 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.24 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Mushola

Tahun	Jumlah Fasilitas (unit)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/unit/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	3.402	2.000	6.804.000	78,750
2022	3.435	2.000	6.870.000	79,514
2023	3.468	2.000	6.936.000	80,278
2024	3.468	2.000	6.936.000	80,278
2025	3.501	2.000	7.002.000	81,042
2026	3.501	2.000	7.002.000	81,042
2027	3.534	2.000	7.068.000	81,806
2028	3.534	2.000	7.068.000	81,806
2029	3.567	2.000	7.134.000	82,569
2030	3.567	2.000	7.134.000	82,569
2031	3.600	2.000	7.200.000	83,333

Berdasarkan data dari BPS Provinsi Jawa Timur tahun 2021, jumlah gereja di Kabupaten Ponorogo tahun 2021 sebanyak 45 unit. Pertumbuhan jumlah masjid diasumsikan bertambah 4 unit per tahun. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas gereja.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata} \\
 &= 45 \times 500 \\
 &= 22.500 \text{ liter/hari} \\
 &= 0,260 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.25 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Gereja

Tahun	Jumlah Fasilitas (unit)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/unit/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	45	500	22.500	0,260
2022	49	500	24.500	0,284
2023	53	500	26.500	0,307
2024	57	500	28.500	0,330
2025	61	500	30.500	0,353
2026	65	500	32.500	0,376
2027	69	500	34.500	0,399
2028	73	500	36.500	0,422

Lanjutan Tabel 5.25 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Gereja

Tahun	Jumlah Fasilitas (unit)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/unit/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2029	77	500	38.500	0,446
2030	81	500	40.500	0,469
2031	85	500	42.500	0,492

5. Fasilitas Pasar

Perhitungan kebutuhan air baku untuk fasilitas pasar berdasarkan luas fasilitas pasar di Kabupaten Ponorogo, dengan luas 28 hektar. Pertumbuhan luas pasar diasumsikan bertambah 1 hektar per 10 tahun. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas pasar.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata} \\
 &= 28 \times 12.000 \\
 &= 336.000 \text{ liter/hari} \\
 &= 3,889 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.26 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Pasar

Tahun	Luas Area (Ha)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/Ha/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	28	12.000	336.000	3,889
2022	28	12.000	336.000	3,889
2023	28	12.000	336.000	3,889
2024	28	12.000	336.000	3,889
2025	28	12.000	336.000	3,889
2026	28	12.000	336.000	3,889
2027	28	12.000	336.000	3,889
2028	28	12.000	336.000	3,889
2029	28	12.000	336.000	3,889
2030	28	12.000	336.000	3,889
2031	29	12.000	348.000	4,028

6. Fasilitas Kantor

Perhitungan kebutuhan air baku untuk fasilitas kantor berdasarkan data yang diperoleh dari BPS Kabupaten Ponorogo tahun 2021, jumlah pegawai di Kabupaten Ponorogo tahun 2021 sebanyak 9.332 pegawai. Pertumbuhan jumlah kantor diasumsikan bertambah 10 unit per tahun. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas masjid.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata} \\ &= 9.332 \times 10 \\ &= 93.320 \text{ liter/hari} \\ &= 1,080 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.27 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Kantor

Tahun	Jumlah Pegawai (Jiwa)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/unit/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	9.332	10	93.320	1,080
2022	9.342	10	93.420	1,081
2023	9.352	10	93.520	1,082
2024	9.362	10	93.620	1,084
2025	9.372	10	93.720	1,085
2026	9.382	10	93.820	1,086
2027	9.392	10	93.920	1,087
2028	9.402	10	94.020	1,088
2029	9.412	10	94.120	1,089
2030	9.422	10	94.220	1,091
2031	9.432	10	94.320	1,092

7. Fasilitas Hotel

Perhitungan kebutuhan air baku untuk fasilitas hotel berdasarkan data yang diperoleh dari BPS Kabupaten Ponorogo tahun 2021, jumlah *bed* hotel di Kabupaten Ponorogo tahun 2021 sebanyak 906 *bed*. Pertumbuhan jumlah hotel diasumsikan bertambah 60 *bed* per tahun. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas hotel.

$$\text{Jumlah kebutuhan} = \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata}$$

$$= 906 \times 150$$

$$= 135.900 \text{ liter/hari}$$

$$= 1,573 \text{ liter/detik}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.28 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Hotel

Tahun	Jumlah Fasilitas (bed)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/unit/hari)	Jumlah Pemakaian (lt/hari)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	906	150	135.900	1,573
2022	966	150	144.900	1,677
2023	1.026	150	153.900	1,781
2024	1.086	150	162.900	1,885
2025	1.146	150	171.900	1,990
2026	1.206	150	180.900	2,094
2027	1.266	150	189.900	2,198
2028	1.326	150	198.900	2,302
2029	1.386	150	207.900	2,406
2030	1.446	150	216.900	2,510
2031	1.506	150	225.900	2,615

8. Fasilitas Industri

Untuk wilayah yang tidak diperoleh data penggunaan lahan industri, kebutuhan air industri dihitung dengan menggunakan metode persamaan linier. Standar yang digunakan adalah dari Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjend Cipta Karya DPU, yaitu kebutuhan air untuk industri sebesar 10% dari konsumsi air domestik (Triatmodjo, 2008).

Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas industri.

$$\text{Jumlah kebutuhan} = \text{Jumlah kebutuhan air domestik} \times \text{Konsumsi air (\%)}$$

$$= 1.416,0578 \times 10\%$$

$$= 141,606 \text{ liter/detik}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.29 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Industri

Tahun	Kebutuhan Air Domestik	Pemakaian Air (% Domestik)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	1.416,0578	10	141,606
2022	1.430,7986	10	143,080
2023	1.460,7421	10	146,074
2024	1.506,8364	10	150,684
2025	1.570,5661	10	157,057
2026	1.654,0317	10	165,403
2027	1.760,0660	10	176,007
2028	1.892,3943	10	189,239
2029	2.055,8518	10	205,585
2030	2.256,6776	10	225,668
2031	2.502,9072	10	250,291

9. Fasilitas Pariwisata

Perhitungan kebutuhan air baku untuk fasilitas pariwisata berdasarkan data luas area pariwisata yang diperoleh dari BPS Kabupaten Ponorogo tahun 2021 dengan luas 67 Ha. Pertumbuhan luas area pariwisata diasumsikan bertambah 2 Ha per 5 tahun. Berikut adalah perhitungan kebutuhan air non domestik untuk fasilitas pariwisata.

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan} &= \text{Jumlah unit} \times \text{Konsumsi air rerata} \\
 &= 67 \times 150 \\
 &= 20,100 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Untuk tahun selanjutnya dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.30 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Pariwisata

Tahun	Luas Area (Ha)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/det/Ha)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2021	67	0,3	20,100
2022	67	0,3	20,100
2023	67	0,3	20,100
2024	67	0,3	20,100
2025	67	0,3	20,100
2026	69	0,3	20,700

Lanjutan Tabel 5.30 Kebutuhan Air Baku untuk Fasilitas Pariwisata

Tahun	Luas Area (Ha)	Konsumsi Air Rata-rata (lt/det/Ha)	Jumlah Kebutuhan Air (lt/det)
2027	69	0,3	20,700
2028	69	0,3	20,700
2029	69	0,3	20,700
2030	69	0,3	20,700
2031	71	0,3	21,300

5.2.3 Jumlah Kebutuhan Air Baku

Setelah diperoleh nilai kebutuhan air domestik dan non domestik, maka selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan air baku total. Perhitungan ini disertai dengan perhitungan kehilangan air yang dapat terjadi karena akibat terjadinya kebocoran saluran pada saat pengoperasian maupun pada saat pemeliharaan. Berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, nilai kehilangan air pada kategori kota metropolitan sebesar 20% – 30%. Perhitungan kebutuhan air baku total di Kabupaten Ponorogo dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31 Kebutuhan Air Baku Total

Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan (m ³ /detik)										
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Sambungan Rumah	1.327,554	1.341,374	1.369,446	1.412,659	1.472,406	1.550,655	1.650,062	1.774,120	1.927,361	2.115,635	2.346,476
Hidran Umum	88,504	89,425	91,296	94,177	98,160	103,377	110,004	118,275	128,491	141,042	156,432
Fasilitas pendidikan	14,591	14,743	15,052	15,526	16,183	17,043	18,136	19,499	21,184	23,253	25,790
Fasilitas Rumah Sakit	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,037
Fasilitas Puskesmas	2,153	2,153	2,153	2,245	2,245	2,245	2,338	2,338	2,338	2,431	2,431
Fasilitas Masjid	73,854	77,326	80,799	84,271	87,743	91,215	94,688	98,160	101,632	105,104	108,576
Fasilitas Mushola	78,750	79,514	80,278	80,278	81,042	81,042	81,806	81,806	82,569	82,569	83,333
Fasilitas Gereja	0,260	0,284	0,307	0,330	0,353	0,376	0,399	0,422	0,446	0,469	0,492
Fasilitas Kantor	1,080	1,081	1,082	1,084	1,085	1,086	1,087	1,088	1,089	1,091	1,092
Fasilitas Pasar	3,889	3,889	3,889	3,889	3,889	3,889	3,889	3,889	3,889	3,889	4,028
Fasilitas Hotel	1,573	1,677	1,781	1,885	1,990	2,094	2,198	2,302	2,406	2,510	2,615
Fasilitas Industri	141,606	143,080	146,074	150,684	157,057	165,403	176,007	189,239	205,585	225,668	250,291
Fasilitas Pariwisata	20,100	20,100	20,100	20,100	20,100	20,700	20,700	20,700	20,700	20,700	21,300
Faktor Kebocoran 20%	350,789	354,936	362,458	373,432	388,457	407,831	432,269	462,374	499,544	544,879	600,578
Total Kebutuhan (lt/det)	2.104,736	2.129,613	2.174,746	2.240,593	2.330,741	2.446,989	2.593,614	2.774,244	2.997,267	3.269,272	3.603,469
Total Kebutuhan (m ³ /det)	2,105	2,130	2,175	2,241	2,331	2,447	2,594	2,774	2,997	3,269	3,603
Total Kebutuhan (m ³)	181.849,15	183.998,58	187.898,09	193.587,22	201.376,06	211.419,84	224.088,25	239.694,71	258.963,86	282.465,11	311.339,76

5.3 Kebutuhan Air Irigasi

Fungsi utama dari Bendungan Bendo adalah memenuhi kebutuhan air irigasi. Sistem irigasi Bendo terdiri dari 3 daerah irigasi (DI) yaitu DI Ngindeng dengan luas 113 ha, DI Tambakwatu dengan luas 597 ha, dan DI Kori dengan luas 2.589 ha. Sehingga total luas daerah irigasi adalah 3.299 ha yang akan dilayani Bendungan Bendo. Kebutuhan air irigasi dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Kebutuhan air untuk tanaman padi
2. Kebutuhan air untuk tanaman palawija

Kebutuhan air irigasi (KAI) dihitung dengan nilai kebutuhan air di pintu pengambilan (DR) dikalikan dengan luas sawah yang akan dilayani. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan kebutuhan air irigasi.

1. Curah Hujan Efektif

Perhitungan curah hujan efektif 80% dihitung berdasarkan rekapitulasi data curah hujan (Tabel 5.2), berikut cara perhitungannya.

- a. Mengurutkan data per bulan dari nilai terbesar ke terkecil. Contoh pada bulan Januari periode 1 sebagai berikut ini.

Tabel 5.32 Curah Hujan Bulan Januari Periode 1 Setelah Diurutkan

Peringkat (m)	Januari (mm/15hari)
1	301
2	266
3	263
4	241
5	191
6	178
7	173
8	166
9	104
10	90

- b. Mencari nilai probabilitas (P) menggunakan metode *Weibull* dari data curah hujan yang telah diurutkan. Perhitungan nilai probabilitas dapat dilihat sebagai berikut.

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

$$n = 10$$

$$\text{Peluang 1} = \frac{1}{10+1} \times 100 = 9,09 \%$$

$$\text{Peluang 2} = \frac{2}{10+1} \times 100 = 18,18 \%$$

$$\text{Peluang 3} = \frac{3}{10+1} \times 100 = 27,27 \%$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dengan cara di atas. Sehingga didapatkan nilai probabilitas pada Bulan Januari Periode 1 sebagai berikut.

Tabel 5.33 Nilai Probabilitas Bulan Januari Periode 1

Peringkat (m)	Januari (mm/15hari)	Probabilitas (%)
1	301	9,09
2	266	18,18
3	263	27,27
4	241	36,36
5	191	45,45
6	178	54,55
7	173	63,64
8	166	72,73
9	104	81,82
10	90	90,91

Perhitungan nilai probabilitas bulan selanjutnya sampai Bulan Desember dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan nilai sebagai berikut.

Tabel 5.34 Data Hujan Tahun 2012 – 2021 Setelah Diurutkan

m	P (%)	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	9,09	301	265	303	308	315	295	276	279	195	284	143	232
2	18,18	266	172	278	229	264	286	260	273	150	114	57	232
3	27,27	263	150	264	226	243	223	234	148	105	99	52	153
4	36,36	241	149	233	212	131	183	203	139	76	91	30	68
5	45,45	191	140	223	206	99	147	170	120	76	62	27	62
6	54,55	178	139	212	154	91	143	157	94	75	28	19	58
7	63,64	173	116	123	137	87	123	125	80	19	13	8	3
8	72,73	166	88	67	133	73	79	99	64	9	3	7	0
9	81,82	104	79	39	126	47	59	91	55	9	3	3	0
10	90,91	90	63	25	48	44	0	61	32	6	0	2	0

Lanjutan Tabel 5.34 Data Hujan Tahun 2012 – 2021 Setelah Diurutkan

m	P (%)	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	9,09	61	57	219	29	86	159	292	223	350	423	314	254
2	18,18	34	28	14	10	34	113	138	142	281	279	253	208
3	27,27	20	23	12	0	14	35	70	131	205	266	217	191
4	36,36	18	17	5	0	1	22	3	80	186	222	183	148
5	45,45	4	16	0	0	0	9	0	73	152	188	174	133
6	54,55	4	13	0	0	0	0	0	39	103	164	133	122
7	63,64	2	8	0	0	0	0	0	2	100	163	121	120
8	72,73	2	6	0	0	0	0	0	0	58	150	112	88
9	81,82	1	0	0	0	0	0	0	0	40	131	111	81
10	90,91	0	0	0	0	0	0	0	0	35	36	85	25

Setelah diperoleh nilai probabilitas, selanjutnya dihitung nilai probabilitas 80%. Dari data di atas nilai P yang mendekati 80% berada pada peringkat 8 dan 9 yaitu 72,73% dan 81,82%. Maka untuk menghitung nilai hujan andalan 80% dengan menggunakan interpolasi.

$$\begin{aligned} R_{\text{Januari 1}} &= \text{Jan}_1^8 + \frac{(80-P^8)}{(P^9-P^8)} \times (\text{Jan}_1^9 - \text{Jan}_1^8) \\ &= 166 + \frac{(80 - 72,73)}{(81,82 - 72,73)} \times (104 - 166) \\ &= 116,4 \text{ mm/15hari} \end{aligned}$$

$$R_{\text{Januari 1}} = \frac{116,4/1000}{\text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24} = \frac{116,4/1000}{15 \times 3600 \times 24} = 8,9815 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

Untuk bulan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama menggunakan interpolasi, sehingga didapatkan hasil berikut.

Tabel 5.35 Hujan Andalan 80%

No	Bulan	Jumlah Hari	Periode	R80%	
				mm/15hari	(m/s)
1	Januari	15	1	116,4000	$8,9815 \times 10^{-8}$
		16	2	80,8000	$5,8449 \times 10^{-8}$
2	Februari	15	1	44,6000	$3,4414 \times 10^{-8}$
		13	2	127,4000	$1,1343 \times 10^{-7}$
3	Maret	15	1	52,2000	$4,0278 \times 10^{-8}$
		16	2	63,0000	$4,5573 \times 10^{-8}$
4	April	15	1	92,6000	$7,1451 \times 10^{-8}$
		15	2	56,8000	$4,3827 \times 10^{-8}$
5	Mei	15	1	9,0000	$6,9444 \times 10^{-9}$
		16	2	3,0000	$2,1701 \times 10^{-9}$
6	Juni	15	1	3,8000	$2,9321 \times 10^{-9}$
		15	2	0,0000	0,0000
7	Juli	15	1	1,2000	$9,2593 \times 10^{-10}$
		16	2	1,2000	$8,6806 \times 10^{-10}$
8	Agustus	15	1	0,0000	0,0000
		16	2	0,0000	0,0000
9	September	15	1	0,0000	0,0000
		15	2	0,0000	0,0000
10	Oktober	15	1	0,0000	0,0000
		16	2	0,0000	0,0000

Lanjutan Tabel 5.35 Hujan Andalan 80%

No	Bulan	Jumlah Hari	Periode	R80%	
				mm/15hari	mm/15 hari
11	November	15	1	43,6000	$3,3642 \times 10^{-8}$
		15	2	134,8000	$1,0401 \times 10^{-7}$
12	Desember	15	1	111,2000	$8,5802 \times 10^{-8}$
		16	2	82,4000	$5,9606 \times 10^{-8}$

Setelah diperoleh nilai hujan andalan, selanjutnya perhitungan curah hujan efektif (Re). perhitungan curah hujan efektif dibagi menjadi 2 yaitu untuk tanaman padi dan tanaman palawija. Berikut ini adalah perhitungan curah hujan efektif.

Re Padi

$$Re = 0,7 \times \frac{R_{80}}{15}$$

$$\begin{aligned} \text{Re Januari 1} &= 0,7 \times \frac{116,4}{15} \\ &= 5,4320 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Re Januari 1} &= 0,7 \times \frac{80,8}{15} \\ &= 3,7707 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Re Palawija

$$Re = 0,5 \times \frac{R_{80}}{15}$$

$$\begin{aligned} \text{Re Januari 1} &= 0,5 \times \frac{116,4}{15} \\ &= 3,8800 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Re Januari 1} &= 0,5 \times \frac{80,8}{15} \\ &= 2,6933 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan bulan dan periode selanjutnya dihitung dengan cara yang sama seperti perhitungan di atas. Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan curah hujan efektif untuk tanaman pada dan palawija.

Tabel 5.36 Hujan Efektif (Re)

No	Bulan	Periode	Re Padi	Re Palawija
			mm/hari	mm/hari
1	Januari	1	5,4320	3,8800
		2	3,7707	2,6933
2	Februari	1	2,0813	1,4867
		2	5,9453	4,2467
3	Maret	1	2,4360	1,7400
		2	2,9400	2,1000
4	April	1	4,3213	3,0867
		2	2,6507	1,8933
5	Mei	1	0,4200	0,3000
		2	0,1400	0,1000
6	Juni	1	0,1773	0,1267
		2	0,0000	0,0000
7	Juli	1	0,0560	0,0400
		2	0,0560	0,0400
8	Agustus	1	0,0000	0,0000
		2	0,0000	0,0000
9	September	1	0,0000	0,0000
		2	0,0000	0,0000
10	Oktober	1	0,0000	0,0000
		2	0,0000	0,0000
11	November	1	2,0347	1,4533
		2	6,2907	4,4933
12	Desember	1	5,1893	3,7067
		2	3,8453	2,7467

2. Analisis kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi

Berikut adalah perhitungan kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi.

a. Analisis kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan masa tanam padi I

- 1) Penyiapan lahan (LP) tanaman padi dimulai pada bulan November periode 1 dengan nilai ET_0 sebesar 4,31 mm/hari, Tebal penjemuran (S) sebesar 300 mm, Perkolasi (P) sebesar 2 mm/hari, dan lama penyiapan lahan (T) adalah 30 hari.

- 2) Perhitungan kebutuhan air pengganti evaporasi dan perkolasi (M)

$$ET_0 \text{ rerata} = \frac{ET_0 \text{ Nov 1} + ET_0 \text{ Nov 2}}{2}$$

$$= \frac{4,31+4,26}{2}$$

$$= 4,28 \text{ mm/hari}$$

$$E_0 = 1,1 \times ET_0 \text{ rerata}$$

$$= 1,1 \times 4,28$$

$$= 4,71 \text{ mm/hari}$$

$$M = E_0 + P$$

$$= 4,71 + 2$$

$$= 6,71 \text{ mm/hari}$$

3) Perhitungan nilai k

$$k = \frac{M \times T}{S}$$

$$= \frac{6,71 \times 30}{300}$$

$$= 0,67$$

4) Perhitungan kebutuhan air di sawah (IR)

$$IR = \frac{M \times e^k}{e^k - 1}$$

$$= \frac{6,71 \times e^{0,67}}{e^{0,67} - 1}$$

$$= 13,73 \text{ mm/hari}$$

5) Perhitungan NFR pada saat penyiapan lahan (LP)

$$NFR = IR - R_e$$

$$= 13,73 - 2,0347$$

$$= 11,6948 \text{ mm/hari}$$

6) Perhitungan kebutuhan air di pintu pengambilan (DR)

$$DR = \frac{NFR}{EI \times 8,64}$$

$$= \frac{11,6948}{(0,9 \times 0,9 \times 0,8) \times 8,64}$$

$$= 2,0888 \text{ lt/det/ha}$$

$$= 2,0888 \times 3299$$

$$= 6.819,04 \text{ lt/det}$$

7) Perhitungan nilai kebutuhan air irigasi (KAI)

$$KAI = \frac{DR}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24$$

$$= \frac{6.819,04}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24$$

$$= 8.930.787,24 \text{ m}^3$$

b. Analisis kebutuhan air irigasi untuk masa tanam padi I

Penyiapan lahan irigasi untuk masa tanam (MT) 1 tanaman padi dapat dihitung sebagai berikut.

- 1) Masa tanam I dimulai pada bulan Desember periode I dengan nilai ET_0 sebesar 4,38 mm/hari dan periode II nilai ET_0 sebesar 4,25 mm/hari, hujan efektif (R_e) sebesar 5,1893 mm/hari, Tebal penjenruhan (S) sebesar 250 mm, Perkolasi (P) sebesar 2 mm/hari, WLR berdasarkan buku Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) dipakai 1,7 mm/hari, dan koefisien tanaman menggunakan FAO varietas unggul.
- 2) Perhitungan kebutuhan konsumtif tanaman padi (ET_c)

$$C_{\text{rerata}} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$= \frac{1,1 + 1,1}{2}$$

$$= 1,1$$

$$ET_c = C_{\text{rerata}} \times ET_0$$

$$= 1,1 \times 4,38$$

$$= 4,8194 \text{ mm/hari}$$

- 3) Perhitungan NFR pada saat masa tanam

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

$$= 4,8194 + 2 - 5,1893 + 1,7$$

$$= 3,3301 \text{ mm/hari}$$

- 4) Perhitungan kebutuhan air di pintu pengambilan (DR)

$$DR = \frac{NFR}{EI \times 8,64}$$

$$= \frac{3,3301}{(0,9 \times 0,9 \times 0,8) \times 8,64}$$

$$= 0,5948 \text{ lt/det/ha}$$

$$= 0,5948 \times 3299$$

$$= 1.962,21 \text{ lt/det}$$

- 5) Perhitungan nilai kebutuhan air irigasi (KAI)

$$\begin{aligned}
 \text{KAI} &= \frac{\text{DR}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \\
 &= \frac{1.962,21}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24 \\
 &= 2.543.026,35 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Analisis kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan masa tanam padi II

- 1) Penyiapan lahan dimulai pada bulan Maret periode 1 dengan nilai ET_0 sebesar 3,54 mm/hari, Tebal penjenruhan (S) sebesar 300 mm, Perkolasi (P) sebesar 2 mm/hari, dan lama penyiapan lahan (T) adalah 30 hari.
- 2) Perhitungan kebutuhan air pengganti evaporasi dan perkolasi (M)

$$\begin{aligned}
 ET_{0 \text{ rerata}} &= \frac{ET_{0 \text{ Maret 1}} + ET_{0 \text{ Maret 2}}}{2} \\
 &= \frac{3,54 + 4,22}{2} \\
 &= 3,88 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_0 &= 1,1 \times ET_{0 \text{ rerata}} \\
 &= 1,1 \times 3,88 \\
 &= 4,27 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= E_0 + P \\
 &= 4,27 + 2 \\
 &= 6,27 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

3) Perhitungan nilai k

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{M \times T}{S} \\
 &= \frac{6,27 \times 30}{300} \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

4) Perhitungan kebutuhan air di sawah (IR)

$$\begin{aligned}
 \text{IR} &= \frac{M \times e^k}{e^k - 1} \\
 &= \frac{6,27 \times e^{0,75}}{e^{0,75} - 1} \\
 &= 11,86 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

5) Perhitungan NFR pada saat penyiapan lahan (LP)

$$\begin{aligned}
 \text{NFR} &= \text{IR} - R_e \\
 &= 11,86 - 2,4360
 \end{aligned}$$

$$= 9,4220 \text{ mm/hari}$$

- 6) Perhitungan kebutuhan air di pintu pengambilan (DR)

$$\begin{aligned} \text{DR} &= \frac{\text{NFR}}{\text{El} \times 8,64} \\ &= \frac{9,4220}{(0,9 \times 0,9 \times 0,8) \times 8,64} \\ &= 1,6829 \text{ lt/det/ha} \\ &= 1,6829 \times 3299 \\ &= 5.551,85 \text{ lt/det} \end{aligned}$$

- 7) Perhitungan nilai kebutuhan air irigasi (KAI)

$$\begin{aligned} \text{KAI} &= \frac{\text{DR}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \\ &= \frac{5.551,85}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24 \\ &= 7.195.203,07 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- d. Analisis kebutuhan air irigasi untuk masa tanam padi II

Penyiapan lahan irigasi untuk masa tanam (MT) II tanaman padi dapat dihitung sebagai berikut.

- 1) Masa tanam II dimulai pada bulan April periode 1 dengan nilai ET_0 sebesar 3,24 mm/hari dan periode II nilai ET_0 sebesar 3,25 mm/hari, hujan efektif (R_e) sebesar 4,3213 mm/hari, Tebal penjenruhan (S) sebesar 250 mm, Perkolasi (P) sebesar 2 mm/hari, WLR berdasarkan buku Kriteria Perencanaan Irigasi (KP-01) dipakai 1,7 mm/hari, dan koefisien tanaman menggunakan FAO varietas unggul.
- 2) Perhitungan kebutuhan konsumtif tanaman padi (ET_c)

$$\begin{aligned} C_{\text{rerata}} &= \frac{C_1 + C_2}{2} \\ &= \frac{1,1 + 1,1}{2} \\ &= 1,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ET_c &= C_{\text{rerata}} \times ET_0 \\ &= 1,1 \times 3,24 \\ &= 3,5609 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

- 3) Perhitungan NFR pada saat masa tanam

$$\text{NFR} = ET_c + P - R_e + \text{WLR}$$

$$= 3,5609 + 2 - 4,3213 + 1,7$$

$$= 2,9395 \text{ mm/hari}$$

- 4) Perhitungan kebutuhan air di pintu pengambilan (DR)

$$\text{DR} = \frac{\text{NFR}}{\text{EI} \times 8,64}$$

$$= \frac{2,9395}{(0,9 \times 0,9 \times 0,8) \times 8,64}$$

$$= 0,5250 \text{ lt/det/ha}$$

$$= 0,5250 \times 3299$$

$$= 1.732,09 \text{ lt/det}$$

- 5) Perhitungan nilai kebutuhan air irigasi (KAI)

$$\text{KAI} = \frac{\text{DR}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24$$

$$= \frac{1.732,09}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24$$

$$= 2.244.786,79 \text{ m}^3$$

- e. Analisis kebutuhan air irigasi untuk tanaman palawija

Penyiapan lahan irigasi untuk tanaman palawija dapat dihitung sebagai berikut.

- 1) Masa tanam dimulai pada bulan Juli periode 1 dengan nilai ET_0 sebesar 3,27 mm/hari dan periode II nilai ET_0 sebesar 3,28 mm/hari, hujan efektif (R_e) sebesar 0,04 mm/hari, Tebal penjenahan (S) sebesar 250 mm, Perkolasi (P) sebesar 2 mm/hari, dan koefisien tanaman berdasarkan Tabel 3.5 diasumsikan berupa bawang.
- 2) Perhitungan kebutuhan konsumtif tanaman padi (ET_c)

$$C_{\text{rerata}} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

$$= \frac{0,5 + 0}{2}$$

$$= 0,25$$

$$ET_c = C_{\text{rerata}} \times ET_0$$

$$= 0,25 \times 3,27$$

$$= 0,8168 \text{ mm/hari}$$

- 3) Perhitungan NFR pada saat masa tanam

$$\text{NFR} = ET_c + P - R_e$$

$$= 0,8168 + 2 - 0,04$$

$$= 2,7768 \text{ mm/hari}$$

- 4) Perhitungan kebutuhan air di pintu pengambilan (DR)

$$\begin{aligned} \text{DR} &= \frac{\text{NFR}}{\text{EI} \times 8,64} \\ &= \frac{2,7768}{(0,9 \times 0,9 \times 0,8) \times 8,64} \\ &= 0,4960 \text{ lt/det/ha} \\ &= 0,4960 \times 3299 \\ &= 1.636,20 \text{ lt/det} \end{aligned}$$

- 5) Perhitungan nilai kebutuhan air irigasi (KAI)

$$\begin{aligned} \text{KAI} &= \frac{\text{DR}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \\ &= \frac{1.636,20}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24 \\ &= 2.120.513,81 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kebutuhan air untuk penyiapan lahan serta masa tanam tanaman padi dan palawija dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.37 Perhitungan Penyiapan Lahan

Periode		(mm/hari)			
		ET ₀	M	k	IR
November	I	4,28	6,71	0,67	13,73
	II	4,28	6,71	0,67	13,73
Maret	I	3,88	6,27	0,75	11,86
	II	3,88	6,27	0,75	11,86

Tabel 5.38 Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	ET0	P	Re	WLR	C1	C2	C	Etc atau IR	NFR	DR		KAI	Pola Tanam
		mm/hari	mm/hari	mm/hari					mm/hari	mm/hari	mm/hari	lt/dt/ha	lt/det	
November	1	4,31	2	2,0347	0	LP	LP	LP	13,7294	11,6948	2,0888	6.891,04	8.930.787,24	Padi
	2	4,26	2	6,2907	0	1,1	LP	LP	13,7294	7,4388	1,3287	4.383,23	5.680.661,32	
Desember	1	4,38	2	5,1893	1,7	1,1	1,1	1,1	4,8194	3,3301	0,5948	1.962,21	2.543.026,35	
	2	4,25	2	3,8453	1,7	1,05	1,1	1,08	4,5705	4,4252	0,7904	2.607,52	3.379.342,70	
Januari	1	4,49	2	5,4320	1,7	1,05	1,05	1,05	4,7099	2,9779	0,5319	1.754,69	2.274.079,65	
	2	3,91	2	3,7707	1,7	0,95	1,05	1,0	3,9111	3,8404	0,6859	2.262,95	2.932.780,78	
Februari	1	3,90	2	2,0813	0	0	0,95	0,48	1,8545	1,7731	0,3167	1.044,81	1.354.073,72	
	2	4,10	2	5,9453	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	
Maret	1	3,54	2	2,4360	0	LP	LP	LP	11,8580	9,4220	1,6829	5.551,85	7.195.203,07	
	2	4,22	2	2,9400	0	1,1	LP	LP	11,8580	8,9180	1,5929	5.254,88	6.810.319,73	
April	1	3,24	2	4,3213	1,7	1,1	1,1	1,1	3,5609	2,9395	0,5250	1.732,09	2.244.786,79	
	2	3,25	2	2,6507	1,7	1,05	1,1	1,08	3,4963	4,5456	0,8119	2.678,48	3.471.309,48	
Mei	1	3,23	2	0,4200	1,7	1,05	1,05	1,05	3,3928	6,6728	1,1918	3.931,87	5.095.708,95	
	2	3,11	2	0,1400	1,7	0,95	1,05	1,0	3,1132	6,6732	1,1919	3.932,12	5.096.029,21	
Juni	1	2,95	2	0,1773	0	0	0,95	0,48	1,4022	3,2249	0,5760	1.900,24	2.462.713,85	
	2	2,79	2	0,0000	0	0	0	0	0,0000	2,0000	0,3572	1.178,48	1.527.314,81	
Juli	1	3,27	2	0,0400	0	0,5	0	0,25	0,8168	2,7768	0,4960	1.636,20	2.120.513,81	
	2	3,28	2	0,0400	0	0,75	0,5	0,625	2,0530	4,0130	0,7168	2.364,65	3.064.581,57	
Agustus	1	4,25	2	0,0000	0	1,0	0,75	0,875	3,7222	5,7222	1,0221	3.371,77	4.369.818,26	
	2	4,45	2	0,0000	0	1,0	1,0	1	4,4490	6,4490	1,1519	3.800,01	4.924.810,60	
September	1	5,15	2	0,0000	0	0,82	1,0	0,91	4,6857	6,6857	1,1942	3.939,51	5.105.603,88	
	2	4,89	2	0,0000	0	0,45	0,82	0,635	3,1058	5,1058	0,9120	3.008,53	3.899.060,74	
Oktober	1	5,76	2	0,0000	0	0	0,45	0,225	1,2952	3,2952	0,5886	1.941,64	2.516.365,88	
	2	4,86	2	0,0000	0	0	0	0	0,0000	2,0000	0,3572	1.178,48	1.527.314,81	

5.4 Luas dan Volume Tampungan Bendungan

5.4.1 Kapasitas Tampungan Bendungan Bendo

Data kapasitas tampungan efektif bendungan Bendo dapat dilihat sebagai berikut.

Elevasi tampungan muka air terendah berada pada elevasi +188,00 m, didapatkan:

1. Tampungan efektif = 33.938.148,00 m³
2. Tampungan kotor = 43.114.234,00 m³
3. Tampungan mati = 9.176.086,00 m³
4. Elevasi MAN = 218,60 m
5. Elevasi puncak Dam = 224,00 m

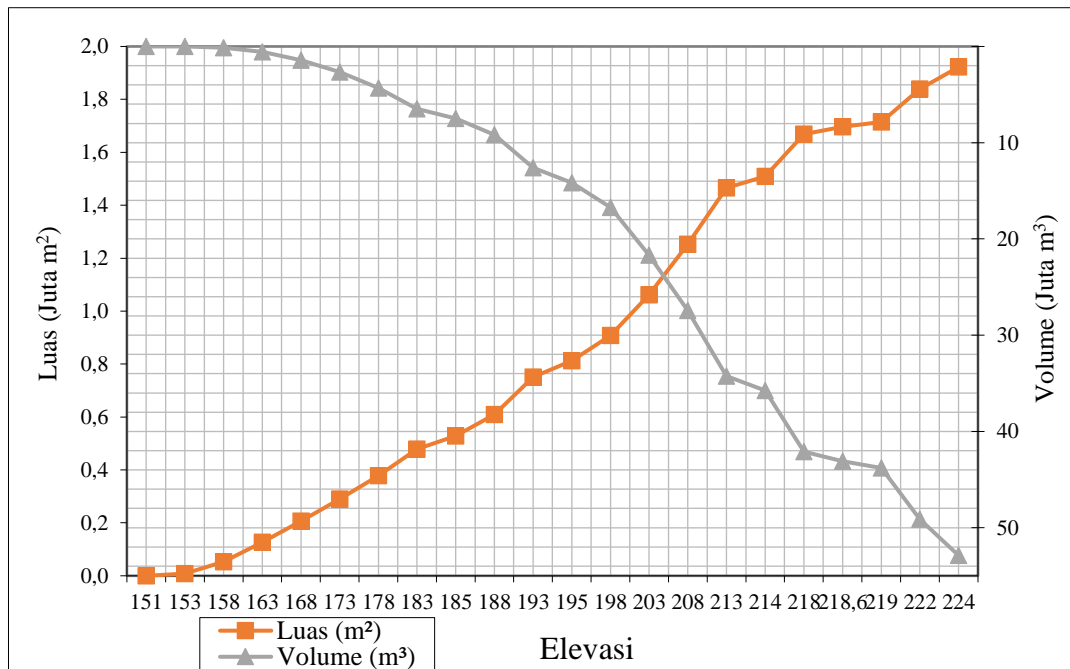
5.4.2 Hubungan Luas dengan Volume Bendungan

Data luas dan volume bendungan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.39 Data Luas dan Volume Bendungan

No	Elevasi (m)	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
1	151	0	0	0
2	153	2	7.748,02	8.425
3	158	7	53.533,74	125.413
4	163	12	127.254,05	579.374
5	168	17	206.385,76	1.419.245
6	173	22	289.740,01	2.665.391
7	178	27	377.844,36	4.328.365
8	183	32	479.258,71	6.469.854
9	185	34	527.948,24	7.476.155
10	188	37	609.441,73	9.176.086
11	193	42	750.469,13	12.593.188
12	195	44	812.831,67	14.157.511
13	198	47	908.376,98	16.738.338
14	203	52	1.061.681,10	21.665.594
15	208	57	1.252.994,86	27.446.005
16	213	62	1.465.338,06	34.263.022
17	214	63	1.509.330,90	35.750.356
18	218	67	1.668.272,26	42.099.227
19	218,6	67,6	1.696.359,52	43.114.234
20	219	68	1.715.084,36	43.790.905
21	222	71	1.839.590,45	49.130.254
22	224	73	1.922.136,14	52.890.800

Dari Tabel 5.39 diperoleh grafik hubungan elevasi dan volume bendungan Bendo sebagai berikut.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Luas dan Volume Bendungan Bendo

5.5 Neraca Air dan Tingkat Keandalan

Neraca air memperlihatkan jumlah air masuk, air yang tersedia, dan air yang keluar dari bendungan. Dalam penelitian ini, ada dua neraca air yang disediakan berdasarkan tujuan pelayanan bendungan, yaitu untuk kebutuhan air baku dan air irigasi.

5.5.1 Analisis Ketersediaan Air

Ketersediaan air diperoleh dari debit andalan dan hujan yang jatuh di atas bendungan. Volume debit andalan didapat dari perhitungan debit andalan 90% di kali dengan waktu dalam 1 periode. Perhitungan volume debit andalan adalah sebagai berikut.

$$V_h = Q_j \times (24 \times \text{jumlah hari bulan ke } j \times 3600)$$

$$\begin{aligned} V_{h \text{ Jan } 1} &= 3,15 \times (24 \times 15 \times 3600) \\ &= 4.087.859,63 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{h \text{ Jan } 2} &= 2,38 \times (24 \times 16 \times 3600) \\ &= 3.293.734,67 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Pada bulan dan periode selanjutnya dihitung dengan cara yang sama.

Hujan yang jatuh di atas bendungan dihitung dengan data hujan 80% dikalikan dengan luas permukaan bendungan. Berikut adalah perhitungan hujan di atas bendungan pada bulan januari.

$$V_{\text{Hujan}} = R_{\text{Januari}} \times A_{\text{Bendungan}} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{Hujan 1}} = 8,9815 \times 10^{-8} \times 1.696.359,52 \times 15 \times 3600 \times 24 \\ = 197.456,25 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Hujan 2}} = 5,8449 \times 10^{-8} \times 1.696.359,52 \times 16 \times 3600 \times 24 \\ = 137.065,85 \text{ m}^3$$

Pada bulan dan periode selanjutnya dihitung dengan cara yang sama.

Hasil volume periode bulan januari dijumlahkan dengan V_{Hujan} sehingga didapatkan kapasitas tampungan ketersediaan air pada bulan tersebut.

$$V_{\text{total}} = V_h + V_{\text{Hujan}}$$

$$V_{\text{total 1}} = 4.087.859,63 + 197.456,2481 \\ = 4.285.315,88 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total 2}} = 3.293.734,67 + 137.065,8492 \\ = 3.430.800,52 \text{ m}^3$$

Pada bulan dan periode selanjutnya dihitung dengan cara yang sama. Sehingga didapatkan hasil seperti berikut ini.

Tabel 5.40 Volume Ketersediaan Air Bendungan Bendo

No	Bulan	Jumlah Hari	V		Hujan yang Jatuh	V_{total}
			m^3/s	m^3	m^3	m^3
1	Januari	15	3,15	4.087.859,63	197.456,25	4.285.315,88
		16	2,38	3.293.734,67	137.065,85	3.430.800,52
2	Februari	15	2,24	2.899.267,36	75.657,63	2.974.925,00
		13	2,92	3.277.828,46	216.116,20	3.493.944,66
3	Maret	15	1,93	2.503.497,49	88.549,97	2.592.047,45
		16	3,18	4.398.238,63	106.870,65	4.505.109,28
4	April	15	5,80	7.514.439,38	157.082,89	7.671.522,27
		15	3,60	4.670.163,26	96.353,22	4.766.516,48
5	Mei	15	3,68	4.770.376,83	15.267,24	4.785.644,06
		16	2,21	3.050.656,90	5.089,08	3.055.745,98

Lanjutan Tabel 5.40 Volume Ketersediaan Air Bendungan Bendo

No	Bulan	Jumlah Hari	V		Hujan yang Jatuh	V _{total}
			m ³ /s	m ³	m ³	m ³
6	Juni	15	2,14	2.771.040,19	6.446,17	2.777.486,35
		15	2,77	3.590.406,21	0,00	3.590.406,21
7	Juli	15	2,33	3.016.527,69	2.035,63	3.018.563,33
		16	1,98	2.740.039,20	2.035,63	2.742.074,83
8	Agustus	15	1,92	2.488.893,04	0,00	2.488.893,04
		16	1,64	2.260.766,41	0,00	2.260.766,41
9	September	15	1,58	2.053.549,38	0,00	2.053.549,38
		15	1,44	1.865.325,42	0,00	1.865.325,42
10	Oktober	15	1,31	1.694.353,67	0,00	1.694.353,67
		16	1,11	1.539.052,82	0,00	1.539.052,82
11	November	15	0,98	1.269.850,06	73.961,28	1.343.811,33
		15	0,98	1.269.850,06	228.669,26	1.498.519,32
12	Desember	15	0,89	1.153.458,31	188.635,18	1.342.093,48
		16	0,97	1.335.824,68	139.780,02	1.475.604,70

5.5.2 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan untuk Pelayanan Air Baku dan Air Irigasi

Neraca air untuk perencanaan bendungan untuk melayani kebutuhan air baku dan air irigasi. Jumlah penduduk dengan proyeksi 10 tahun adalah 1.689.462,39 jiwa dan luas sawah yang akan dilayani adalah 3299 ha. Berikut adalah data yang diperlukan dalam simulasi neraca air bendungan untuk pelayanan air baku dan irigasi.

1. Ketersediaan air

Ketersediaan air merupakan jumlah air yang masuk ke dalam bendungan dalam suatu periode selama satu tahun. Data ketersediaan air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.41 Data Ketersediaan Air

No	Bulan	Jumlah Hari	V		Hujan yang Jatuh	Ketersediaan Air
			m ³ /s	m ³	m ³	m ³
1	Januari	15	3,15	4.087.859,63	197.456,25	4.285.315,88
		16	2,38	3.293.734,67	137.065,85	3.430.800,52

Lanjutan Tabel 5.41 Data Ketersediaan Air

No	Bulan	Jumlah Hari	V		Hujan yang Jatuh	Ketersediaan Air
			m ³ /s	m ³	m ³	m ³
2	Februari	15	2,24	2.899.267,36	75.657,63	2.974.925,00
		13	2,92	3.277.828,46	216.116,20	3.493.944,66
3	Maret	15	1,93	2.503.497,49	88.549,97	2.592.047,45
		16	3,18	4.398.238,63	106.870,65	4.505.109,28
4	April	15	5,80	7.514.439,38	157.082,89	7.671.522,27
		15	3,60	4.670.163,26	96.353,22	4.766.516,48
5	Mei	15	3,68	4.770.376,83	15.267,24	4.785.644,06
		16	2,21	3.050.656,90	5.089,08	3.055.745,98
6	Juni	15	2,14	2.771.040,19	6.446,17	2.777.486,35
		15	2,77	3.590.406,21	0,00	3.590.406,21
7	Juli	15	2,33	3.016.527,69	2.035,63	3.018.563,33
		16	1,98	2.740.039,20	2.035,63	2.742.074,83
8	Agustus	15	1,92	2.488.893,04	0,00	2.488.893,04
		16	1,64	2.260.766,41	0,00	2.260.766,41
9	September	15	1,58	2.053.549,38	0,00	2.053.549,38
		15	1,44	1.865.325,42	0,00	1.865.325,42
10	Oktober	15	1,31	1.694.353,67	0,00	1.694.353,67
		16	1,11	1.539.052,82	0,00	1.539.052,82
11	November	15	0,98	1.269.850,06	73.961,28	1.343.811,33
		15	0,98	1.269.850,06	228.669,26	1.498.519,32
12	Desember	15	0,89	1.153.458,31	188.635,18	1.342.093,48
		16	0,97	1.335.824,68	139.780,02	1.475.604,70

2. Kebutuhan pengambilan untuk air irigasi

Kebutuhan air irigasi termasuk kedalam air yang akan keluar dari bendungan. Berikut ini kebutuhan air irigasi yang akan dilayani.

Tabel 5.42 Data Kebutuhan Pengambilan untuk Air Irigasi

No	Bulan	Jumlah Hari	NFR	DR
			mm/hari	lt/dt/ha
1	Januari	15	11,6948	2,0888
		16	7,4388	1,3287
2	Februari	15	3,3301	0,5948
		13	4,4252	0,7904
3	Maret	15	2,9779	0,5319
		16	3,8404	0,6859

Lanjutan Tabel 5.42 Data Kebutuhan Pengambilan untuk Air Irigasi

No	Bulan	Jumlah Hari	NFR	DR
			mm/hari	lt/dt/ha
4	April	15	1,7731	0,3167
		15	0,0000	0,0000
5	Mei	15	9,4220	1,6829
		16	8,9180	1,5929
6	Juni	15	2,9395	0,5250
		15	4,5456	0,8119
7	Juli	15	6,6728	1,1918
		16	6,6732	1,1919
8	Agustus	15	3,2249	0,5760
		16	2,0000	0,3572
9	September	15	2,7768	0,4960
		15	4,0130	0,7168
10	Oktober	15	5,7222	1,0221
		16	6,4490	1,1519
11	November	15	6,6857	1,1942
		15	5,1058	0,9120
12	Desember	15	3,2952	0,5886
		16	2,0000	0,3572

3. Kebutuhan pengambilan untuk air baku

Kebutuhan total air baku pada tahun rencana 2031 diperoleh sebesar 311.339,76 m³. Sehingga diperoleh kebutuhan air baku sebagai berikut.

Tabel 5.43 Kebutuhan Air Baku

No	Bulan	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)
1	Januari	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
2	Februari	15	4.670.096,43
		13	4.047.416,91
3	Maret	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
4	April	15	4.670.096,43
		15	4.670.096,43
5	Mei	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19

Lanjutan Tabel 5.43 Kebutuhan Air Baku

No	Bulan	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)
6	Juni	15	4.670.096,43
		15	4.670.096,43
7	Juli	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
8	Agustus	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
9	September	15	4.670.096,43
		15	4.670.096,43
10	Oktober	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
11	November	15	4.670.096,43
		15	4.670.096,43
12	Desember	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19

4. Evaporasi pada permukaan tampungan bendungan

Data evaporasi dapat dilihat pada Tabel 5.45.

Tabel 5.44 Data Evaporasi

Bulan	Periode	Evaporasi
		(mm/15hari)
Januari	1	48,5
	2	36,3
Februari	1	27,0
	2	29,0
Maret	1	43,0
	2	58,5
April	1	44,5
	2	45,5
Mei	1	63,0
	2	49,5
Juni	1	47,5
	2	40,0
Juli	1	52,5
	2	69,0
Agustus	1	66,5
	2	77,5

Lanjutan Tabel 5.44 Data Evaporasi

Bulan	Periode	Evaporasi
		(mm/15hari)
September	1	78,5
	2	68,0
Oktober	1	90,5
	2	65,0
November	1	42,0
	2	52,0
Desember	1	55,5
	2	52,0
Rerata		54,2

5. Resapan pada bendungan

Nilai resapan pada bendungan sebesar 10% dari tampungan akhir yang terjadi. Nilai 10% ini diambil karena pada dasar dan dinding kolam bendungan jenis tanahnya adalah lempung sehingga resapannya kecil.

Perhitungan neraca air dilakukan dengan beberapa langkah berikut ini.

1. Menentukan nilai n

Nilai n ditentukan berdasarkan urutan periode dalam satu tahun. Urutan nilai n adalah sebagai berikut.

Tabel 5.45 Penentuan Nilai n

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	n
1	Januari	1	15	1
		2	16	2
2	Februari	1	15	3
		2	13	4
3	Maret	1	15	5
		2	16	6
4	April	1	15	7
		2	15	8
5	Mei	1	15	9
		2	16	10
6	Juni	1	15	11
		2	15	12
7	Juli	1	15	13

Lanjutan Tabel 5.45 Penentuan Nilai n

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	n
8	Juli	2	16	14
9	Agustus	1	15	15
		2	16	16
10	September	1	15	17
		2	15	18
11	Oktober	1	15	19
		2	16	20
12	November	1	15	21
		2	15	22
13	Desember	1	15	23
		2	16	24

2. Menentukan *inflow* (I_n)

inflow (I_n) ditentukan berdasarkan aliran yang akan masuk ke bendungan. Jumlah aliran yang mengisi bendungan berasal dari ketersediaan air. Tetapi untuk total ketersediaan air dikurangi dengan evaporasi dan resapan yang terjadi pada setiap periode. Nilai evaporasi dan resapan pada Bulan Januari periode I bernilai 0 karena pada awal pengoperasian, tampungan bendungan belum terisi. Berikut adalah perhitungan *inflow* (I_n).

$$\begin{aligned}
 I_{n\text{Januari I}} &= V_{\text{ketersediaan air Januari I}} - \left(\frac{e_{\text{Januari I}}}{1000} \times A_{\text{bendungan}} \right) - \text{resapan} \\
 &= 4.285.315,88 - \left(\frac{0}{1000} \times 1.696.359,52 \right) - 0 \\
 &= 4.285.315,88 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{n\text{Januari II}} &= V_{\text{ketersediaan air Januari II}} - \left(\frac{e_{\text{Januari II}}}{1000} \times A_{\text{bendungan}} \right) - \text{resapan} \\
 &= 3.430.800,52 - \left(\frac{36,3}{1000} \times 1.696.359,52 \right) - 428.531,59 \\
 &= 2.940.691,08 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan periode dan bulan selanjutnya dicari dengan cara yang sama seperti di atas, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 5.46 Nilai *inflow* (I_n)

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Ketersediaan Air	Evaporasi	Resapan	<i>Inflow</i>
				m ³	m ³	m ³	m ³
1	Januari	1	15	4.285.315,88	0,00	0,00	4.285.315,88
		2	16	3.430.800,52	61.577,85	428.531,59	2.940.691,08
2	Februari	1	15	2.974.925,00	45.801,71	722.600,70	2.206.522,59
		2	13	3.493.944,66	49.194,43	943.252,96	2.501.497,28
3	Maret	1	15	2.592.047,45	72.943,46	1.193.402,68	1.325.701,31
		2	16	4.505.109,28	99.237,03	917.608,60	3.488.263,64
4	April	1	15	7.671.522,27	75.488,00	917.608,60	6.678.425,68
		2	15	4.766.516,48	77.184,36	917.608,60	3.771.723,53
5	Mei	1	15	4.785.644,06	106.870,65	917.608,60	3.761.164,81
		2	16	3.055.745,98	83.969,80	917.608,60	2.054.167,58
6	Juni	1	15	2.777.486,35	80.577,08	917.608,60	1.779.300,68
		2	15	3.590.406,21	67.854,38	917.608,60	2.604.943,23
7	Juli	1	15	3.018.563,33	89.058,87	917.608,60	2.011.895,85
		2	16	2.742.074,83	117.048,81	917.608,60	1.707.417,42
8	Agustus	1	15	2.488.893,04	112.807,91	917.608,60	1.458.476,53
		2	16	2.260.766,41	131.467,86	917.608,60	1.211.689,95
9	September	1	15	2.053.549,38	133.164,22	917.608,60	1.002.776,56
		2	15	1.865.325,42	115.352,45	917.608,60	832.364,37
10	Oktober	1	15	1.694.353,67	153.520,54	917.608,60	623.224,53
		2	16	1.539.052,82	110.263,37	917.608,60	511.180,85
11	November	1	15	1.343.811,33	71.247,10	917.608,60	354.955,63
		2	15	1.498.519,32	88.210,70	917.608,60	492.700,02
12	Desember	1	15	1.342.093,48	94.147,95	917.608,60	330.336,93
		2	16	1.475.604,70	88.210,70	917.608,60	469.785,41

3. Menentukan *outflow* (O_n)

Outflow (O_n) merupakan aliran yang keluar dari bendungan, sehingga untuk nilai *outflow* (O_n) yaitu kebutuhan air irigasi (KAI) yang harus dilayani dalam luasan sawah dan kebutuhan air baku pada tiap periode. Awal pengoperasian bendungan pada bulan Januari periode I sampai bulan Februari periode II nilai *outflow* adalah nol, karena bendungan hanya difungsikan untuk menampung air. Perhitungan nilai *outflow* (O_n) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 O_n \text{ Maret I} &= V_{\text{Air Baku Maret I}} + V_{\text{Air Irigasi Maret I}} \\
 &= 4.670.096,43 + 7.195.203,07
 \end{aligned}$$

$$= 11.865.299,50 \text{ m}^3$$

Perhitungan bulan selanjutnya menggunakan cara yang sama, sehingga diperoleh nilai *outflow* (O_n) sebagai berikut.

Tabel 5.47 Nilai *Outflow* (O_n)

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m^3)	Kebutuhan Air Irigasi (m^3)	<i>Outflow</i> (m^3)
1	Januari	1	15	4.670.096,43	2.274.079,65	0 (tahap pengisian belum beroperasi)
		2	16	4.981.436,19	2.932.780,78	
2	Februari	1	15	4.670.096,43	1.354.073,72	0 (tahap pengisian belum beroperasi)
		2	13	4.047.416,91	0,00	
3	Maret	1	15	4.670.096,43	7.195.203,07	11.865.299,50
		2	16	4.981.436,19	6.810.319,73	11.791.755,92
4	April	1	15	4.670.096,43	2.244.786,79	6.914.883,22
		2	15	4.670.096,43	3.471.309,48	8.141.405,90
5	Mei	1	15	4.670.096,43	5.095.708,95	9.765.805,38
		2	16	4.981.436,19	5.096.029,21	10.077.465,40
6	Juni	1	15	4.670.096,43	2.462.713,85	7.132.810,28
		2	15	4.670.096,43	1.527.314,81	6.197.411,24
7	Juli	1	15	4.670.096,43	2.120.513,81	6.790.610,24
		2	16	4.981.436,19	3.064.581,57	8.046.017,77
8	Agustus	1	15	4.670.096,43	4.369.818,26	9.039.914,69
		2	16	4.981.436,19	4.924.810,60	9.906.246,79
9	September	1	15	4.670.096,43	5.105.603,88	9.775.700,31
		2	15	4.670.096,43	3.899.060,74	8.569.157,17
10	Oktober	1	15	4.670.096,43	2.516.365,88	7.186.462,30
		2	16	4.981.436,19	1.527.314,81	6.508.751,01
11	November	1	15	4.670.096,43	8.930.787,24	13.600.883,67
		2	15	4.670.096,43	5.680.661,32	10.350.757,75
12	Desember	1	15	4.670.096,43	2.543.026,35	7.213.122,78
		2	16	4.981.436,19	3.379.342,70	8.360.778,90

4. Menentukan volume S_n

Volume S_n merupakan volume tampungan awal periode ke n, sedangkan untuk periode selanjutnya nilai S_n diambil dari S_{n+1} terjadi periode sebelumnya. S_n bulan Januari periode I sampai bulan Februari periode II bernilai 0 karena awal pengoperasian bendungan. S_{n+1} terjadi diambil dari nilai S_{n+1} yang terjadi melebihi

volume bendungan dan tidak kurang dari tampungan mati bendungan yaitu $9.176.086,00 \text{ m}^3 \leq S_{n+1} \text{ terjadi} < 43.114.234,00 \text{ m}^3$.

5. Menentukan volume S_{n+1}

S_{n+1} merupakan volume tampungan awal periode ke $n+1$ yang berarti apabila S_n adalah bulan Januari periode I maka S_{n+1} adalah Januari periode II dan selanjutnya mengikuti penentuan nilai n seperti pada Tabel 5.46. Cara untuk menghitung nilai S_{n+1} adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{n+1} \text{ Januari I} &= S_n + I - O \\ &= 0 + 4.285.315,88 - 0 \\ &= 4.285.315,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai S_{n+1} bulan Januari periode I di atas diperoleh hasil volume sebesar $4.285.315,88 \text{ m}^3$. Nilai tersebut kurang dari tampungan mati bendungan, maka air tidak melimpas. Sehingga nilai S_{n+1} terjadi sama dengan S_{n+1} . Sehingga S_{n+1} terjadi yaitu $4.285.315,88 \text{ m}^3$.

Perhitungan S_{n+1} bulan Maret Periode I adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{n+1} \text{ Maret I} &= S_n + I - O \\ &= 11.934.026,83 + 1.325.701,31 - 11.865.299,50 \\ &= 1.394.428,64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Nilai tersebut kurang dari tampungan mati bendungan, maka air tidak melimpas. Sehingga nilai S_{n+1} terjadi adalah menggunakan ketentuan: Jika $S_{n+1} <$ tampungan mati, maka air tidak melimpas dan kebutuhan air tidak terpenuhi sehingga S_{n+1} terjadi sama dengan tampungan mati yaitu $9.176.086,00 \text{ m}^3$. Perhitungan bulan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama seperti di atas.

6. *Outflow* terjadi (O_n terjadi)

Nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) bisa lebih kecil atau sama dengan nilai *outflow* rencana (O_n). Apabila nilai S_{n+1} kurang dari tampungan mati maka *outflow* terjadi lebih kecil dari *outflow* (O_n). Pada bulan Maret Periode I nilai S_{n+1} adalah $1.394.428,64 \text{ m}^3$, nilai tersebut kurang dari tampungan mati bendungan, maka air tidak melimpas. Sehingga nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) pada bulan Maret Periode I adalah sebagai berikut:

$$\text{Outflow terjadi} = O - (S_{n+1} \text{ terjadi} - S_{n+1})$$

$$\begin{aligned}
 &= 11.865.299,50 - (9.176.086,00 - 1.394.428,64) \\
 &= 4.083.642,14 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

7. Tingkat Keandalan (TK)

Tingkat keandalan bendungan akan berkurang apabila nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) lebih kecil dari *outflow* rencana (O_n). Berikut adalah perhitungan tingkat keandalan bendungan pada bulan Maret Periode I.

$$\begin{aligned}
 TK_{\text{Maret I}} &= \frac{\text{Outflow terjadi } (O_n \text{ terjadi})}{\text{Outflow } (O_n)} \times 100\% \\
 &= \frac{4.083.642,14}{11.865.299,50} \times 100\% \\
 &= 34,42\%
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh tingkat keandalan pada bulan Maret Periode I adalah 34,42%. Perhitungan tingkat keandalan untuk bulan dan periode berikutnya dihitung menggunakan cara yang sama, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 5.48 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Untuk Pelayanan Air Baku dan Air Irigasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Sn	Elevasi	Ketersediaan Air	Kebutuhan Air Baku	Kebutuhan Air Irigasi	Evaporasi	Resapan	Inflow
				m ³							
1	Januari	1	15	0,00	151,00	4.285.315,88	0,00	0,00	0,00	0,00	4.285.315,88
		2	16	4.285.315,88	177,87	3.430.800,52	0,00	0,00	61.577,85	428.531,59	2.940.691,08
2	Februari	1	15	7.226.006,96	184,50	2.974.925,00	0,00	0,00	45.801,71	722.600,70	2.206.522,59
		2	13	9.432.529,55	188,38	3.493.944,66	0,00	0,00	49.194,43	943.252,96	2.501.497,28
3	Maret	1	15	11.934.026,83	192,04	2.592.047,45	4.670.096,43	7.195.203,07	72.943,46	1.193.402,68	1.325.701,31
		2	16	9.176.086,00	188,00	4.505.109,28	4.981.436,19	6.810.319,73	99.237,03	917.608,60	3.488.263,64
4	April	1	15	9.176.086,00	188,00	7.671.522,27	4.670.096,43	2.244.786,79	75.488,00	917.608,60	6.678.425,68
		2	15	9.176.086,00	188,00	4.766.516,48	4.670.096,43	3.471.309,48	77.184,36	917.608,60	3.771.723,53
5	Mei	1	15	9.176.086,00	188,00	4.785.644,06	4.670.096,43	5.095.708,95	106.870,65	917.608,60	3.761.164,81
		2	16	9.176.086,00	188,00	3.055.745,98	4.981.436,19	5.096.029,21	83.969,80	917.608,60	2.054.167,58
6	Juni	1	15	9.176.086,00	188,00	2.777.486,35	4.670.096,43	2.462.713,85	80.577,08	917.608,60	1.779.300,68
		2	15	9.176.086,00	188,00	3.590.406,21	4.670.096,43	1.527.314,81	67.854,38	917.608,60	2.604.943,23
7	Juli	1	15	9.176.086,00	188,00	3.018.563,33	4.670.096,43	2.120.513,81	89.058,87	917.608,60	2.011.895,85
		2	16	9.176.086,00	188,00	2.742.074,83	4.981.436,19	3.064.581,57	117.048,81	917.608,60	1.707.417,42
8	Agustus	1	15	9.176.086,00	188,00	2.488.893,04	4.670.096,43	4.369.818,26	112.807,91	917.608,60	1.458.476,53
		2	16	9.176.086,00	188,00	2.260.766,41	4.981.436,19	4.924.810,60	131.467,86	917.608,60	1.211.689,95
9	September	1	15	9.176.086,00	188,00	2.053.549,38	4.670.096,43	5.105.603,88	133.164,22	917.608,60	1.002.776,56
		2	15	9.176.086,00	188,00	1.865.325,42	4.670.096,43	3.899.060,74	115.352,45	917.608,60	832.364,37
10	Oktober	1	15	9.176.086,00	188,00	1.694.353,67	4.670.096,43	2.516.365,88	153.520,54	917.608,60	623.224,53
		2	16	9.176.086,00	188,00	1.539.052,82	4.981.436,19	1.527.314,81	110.263,37	917.608,60	511.180,85
11	November	1	15	9.176.086,00	188,00	1.343.811,33	4.670.096,43	8.930.787,24	71.247,10	917.608,60	354.955,63
		2	15	9.176.086,00	188,00	1.498.519,32	4.670.096,43	5.680.661,32	88.210,70	917.608,60	492.700,02
12	Desember	1	15	9.176.086,00	188,00	1.342.093,48	4.670.096,43	2.543.026,35	94.147,95	917.608,60	330.336,93
		2	16	9.176.086,00	188,00	1.475.604,70	4.981.436,19	3.379.342,70	88.210,70	917.608,60	469.785,41
13	Januari	1	15	9.176.086,00	188,00	4.285.315,88	4.670.096,43	2.274.079,65	60.770,25	917.608,60	3.306.937,03
		2	16	9.176.086,00	188,00	3.430.800,52	4.981.436,19	2.932.780,78	61.577,85	917.608,60	2.451.614,07
14	Februari	1	15	9.176.086,00	188,00	2.974.925,00	4.670.096,43	1.354.073,72	45.801,71	917.608,60	2.011.514,69
		2	13	9.176.086,00	188,00	3.493.944,66	4.047.416,91	0,00	49.194,43	917.608,60	2.527.141,63

Lanjutan Tabel 5.48 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Untuk Pelayanan Air Baku dan Air Irigasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Outflow	Sn+1	Melimpas / Tidak Melimpas	Sn+1 Terjadi	Outflow Terjadi	Keandalan	Terpenuhi / Tidak Terpenuhi
				m ³	m ³		m ³	m ³	%	
1	Januari	1	15	0,00	4.285.315,88	Tidak Melimpas	4.285.315,88	0,00	-	Saat Pengisian
		2	16	0,00	7.226.006,96	Tidak Melimpas	7.226.006,96	0,00	-	Saat Pengisian
2	Februari	1	15	0,00	9.432.529,55	Tidak Melimpas	9.432.529,55	0,00	-	Saat Pengisian
		2	13	0,00	11.934.026,83	Tidak Melimpas	11.934.026,83	0,00	-	Saat Pengisian
3	Maret	1	15	11.865.299,50	1.394.428,64	Tidak Melimpas	9.176.086,00	4.083.642,14	34,42	Tidak Terpenuhi
		2	16	11.791.755,92	872.593,72	Tidak Melimpas	9.176.086,00	3.488.263,64	29,58	Tidak Terpenuhi
4	April	1	15	6.914.883,22	8.939.628,45	Tidak Melimpas	9.176.086,00	6.678.425,68	96,58	Tidak Terpenuhi
		2	15	8.141.405,90	4.806.403,62	Tidak Melimpas	9.176.086,00	3.771.723,53	46,33	Tidak Terpenuhi
5	Mei	1	15	9.765.805,38	3.171.445,44	Tidak Melimpas	9.176.086,00	3.761.164,81	38,51	Tidak Terpenuhi
		2	16	10.077.465,40	1.152.788,18	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.054.167,58	20,38	Tidak Terpenuhi
6	Juni	1	15	7.132.810,28	3.822.576,40	Tidak Melimpas	9.176.086,00	1.779.300,68	24,95	Tidak Terpenuhi
		2	15	6.197.411,24	5.583.617,98	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.604.943,23	42,03	Tidak Terpenuhi
7	Juli	1	15	6.790.610,24	4.397.371,61	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.011.895,85	29,63	Tidak Terpenuhi
		2	16	8.046.017,77	2.837.485,65	Tidak Melimpas	9.176.086,00	1.707.417,42	21,22	Tidak Terpenuhi
8	Agustus	1	15	9.039.914,69	1.594.647,85	Tidak Melimpas	9.176.086,00	1.458.476,53	16,13	Tidak Terpenuhi
		2	16	9.906.246,79	481.529,15	Tidak Melimpas	9.176.086,00	1.211.689,95	12,23	Tidak Terpenuhi
9	September	1	15	9.775.700,31	403.162,24	Tidak Melimpas	9.176.086,00	1.002.776,56	10,26	Tidak Terpenuhi
		2	15	8.569.157,17	1.439.293,20	Tidak Melimpas	9.176.086,00	832.364,37	9,71	Tidak Terpenuhi
10	Oktober	1	15	7.186.462,30	2.612.848,23	Tidak Melimpas	9.176.086,00	623.224,53	8,67	Tidak Terpenuhi
		2	16	6.508.751,01	3.178.515,85	Tidak Melimpas	9.176.086,00	511.180,85	7,85	Tidak Terpenuhi
11	November	1	15	13.600.883,67	-4.069.842,04	Tidak Melimpas	9.176.086,00	354.955,63	2,61	Tidak Terpenuhi
		2	15	10.350.757,75	-681.971,72	Tidak Melimpas	9.176.086,00	492.700,02	4,76	Tidak Terpenuhi
12	Desember	1	15	7.213.122,78	2.293.300,15	Tidak Melimpas	9.176.086,00	330.336,93	4,58	Tidak Terpenuhi
		2	16	8.360.778,90	1.285.092,51	Tidak Melimpas	9.176.086,00	469.785,41	5,62	Tidak Terpenuhi
13	Januari	1	15	6.944.176,08	5.538.846,96	Tidak Melimpas	9.176.086,00	3.306.937,03	47,62	Tidak Terpenuhi
		2	16	7.914.216,97	3.713.483,09	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.451.614,07	30,98	Tidak Terpenuhi
14	Februari	1	15	6.024.170,14	5.163.430,54	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.011.514,69	33,39	Tidak Terpenuhi
		2	13	4.047.416,91	7.655.810,73	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.527.141,63	62,44	Tidak Terpenuhi

5.5.3 Simulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Tahun 2021

Simulasi neraca air dan tingkat keandalan berfungsi untuk mengetahui tingkat pelayanan bendungan dalam memenuhi kebutuhan air baku dan air irigasi dengan debit perhitungan pada tahun 2021. Jumlah penduduk dengan proyeksi 10 tahun adalah 1.689.462,39 jiwa dan luas sawah yang akan dilayani adalah 3299 ha. Berikut adalah data yang diperlukan dalam simulasi neraca air bendungan untuk pelayanan air baku dan irigasi.

1. Debit perhitungan tahun 2021

Berikut adalah data debit hasil perhitungan menggunakan metode F.J. Mock pada tahun 2021.

Tabel 5.49 Data Debit Perhitungan Tahun 2021 (m³/s)

1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
13,81	8,50	15,02	9,80	7,51	4,19	10,14	5,52	3,95	3,36	3,26	11,75
1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
3,46	2,95	2,85	2,43	2,35	2,14	1,94	1,65	14,71	13,96	6,67	12,65

2. Ketersediaan air

Ketersediaan air merupakan jumlah air yang masuk ke dalam bendungan dalam suatu periode selama satu tahun. Data ketersediaan air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.50 Data Ketersediaan Air

No	Bulan	Jumlah Hari	V		Hujan yang Jatuh	Ketersediaan Air
			m ³ /s	m ³	m ³	m ³
1	Januari	15	13,81	17.901.714,64	197.456,25	18.099.170,88
		16	8,50	11.747.690,61	137.065,85	11.884.756,46
2	Februari	15	15,02	19.460.904,21	75.657,63	19.536.561,85
		13	9,80	11.009.131,67	216.116,20	11.225.247,87
3	Maret	15	7,51	9.738.251,53	88.549,97	9.826.801,50
		16	4,19	5.790.831,91	106.870,65	5.897.702,56
4	April	15	10,14	13.139.699,59	157.082,89	13.296.782,48
		15	5,52	7.159.449,89	96.353,22	7.255.803,11
5	Mei	15	3,95	5.116.592,44	15.267,24	5.131.859,68
		16	3,36	4.647.616,48	5.089,08	4.652.705,56

Lanjutan Tabel 5.50 Data Ketersediaan Air

No	Bulan	Jumlah Hari	V		Hujan yang Jatuh	Ketersediaan Air
			m ³ /s	m ³	m ³	m ³
6	Juni	15	3,26	4.221.625,86	6.446,17	4.228.072,03
		15	11,75	15.223.687,69	0,00	15.223.687,69
7	Juli	15	3,46	4.482.907,10	2.035,63	4.484.942,73
		16	2,95	4.072.013,39	2.035,63	4.074.049,02
8	Agustus	15	2,85	3.698.781,32	0,00	3.698.781,32
		16	2,43	3.359.758,91	0,00	3.359.758,91
9	September	15	2,35	3.051.810,57	0,00	3.051.810,57
		15	2,14	2.772.088,12	0,00	2.772.088,12
10	Oktober	15	1,94	2.518.004,43	0,00	2.518.004,43
		16	1,65	2.287.209,51	0,00	2.287.209,51
11	November	15	14,71	19.064.704,97	73.961,28	19.138.666,25
		15	13,96	18.098.421,72	228.669,26	18.327.090,99
12	Desember	15	6,67	8.640.663,44	188.635,18	8.829.298,62
		16	12,65	17.481.395,25	139.780,02	17.621.175,27

3. Kebutuhan pengambilan untuk air irigasi

Kebutuhan air irigasi termasuk kedalaman air yang akan keluar dari bendungan. Berikut ini kebutuhan air irigasi yang akan dilayani.

Tabel 5.51 Data Kebutuhan Pengambilan untuk Air Irigasi

No	Bulan	Jumlah Hari	NFR	DR
			mm/hari	lt/dt/ha
1	Januari	15	11,6948	2,0888
		16	7,4388	1,3287
2	Februari	15	3,3301	0,5948
		13	4,4252	0,7904
3	Maret	15	2,9779	0,5319
		16	3,8404	0,6859
4	April	15	1,7731	0,3167
		15	0,0000	0,0000
5	Mei	15	9,4220	1,6829
		16	8,9180	1,5929
6	Juni	15	2,9395	0,5250
		15	4,5456	0,8119
7	Juli	15	6,6728	1,1918
		16	6,6732	1,1919

Lanjutan Tabel 5.51 Data Kebutuhan Pengambilan untuk Air Irigasi

No	Bulan	Jumlah Hari	NFR	DR
			mm/hari	lt/dt/ha
8	Agustus	15	3,2249	0,5760
		16	2,0000	0,3572
9	September	15	2,7768	0,4960
		15	4,0130	0,7168
10	Oktober	15	5,7222	1,0221
		16	6,4490	1,1519
11	November	15	6,6857	1,1942
		15	5,1058	0,9120
12	Desember	15	3,2952	0,5886
		16	2,0000	0,3572

4. Kebutuhan pengambilan untuk air baku

Kebutuhan total air baku pada tahun rencana 2031 diperoleh sebesar 311.339,76 m³. Sehingga diperoleh kebutuhan air baku sebagai berikut.

Tabel 5.52 Kebutuhan Air Baku

No	Bulan	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)
1	Januari	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
2	Februari	15	4.670.096,43
		13	4.047.416,91
3	Maret	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
4	April	15	4.670.096,43
		15	4.670.096,43
5	Mei	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
6	Juni	15	4.670.096,43
		15	4.670.096,43
7	Juli	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
8	Agustus	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
9	September	15	4.670.096,43
		15	4.670.096,43

Lanjutan Tabel 5.52 Kebutuhan Air Baku

No	Bulan	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)
10	Oktober	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19
11	November	15	4.670.096,43
		15	4.670.096,43
12	Desember	15	4.670.096,43
		16	4.981.436,19

5. Evaporasi pada permukaan tampungan bendungan
Data evaporasi dapat dilihat pada Tabel 5.53.

Tabel 5.53 Data Evaporasi

Bulan	Periode	Evaporasi
		(mm/15hari)
Januari	1	48,5
	2	36,3
Februari	1	27,0
	2	29,0
Maret	1	43,0
	2	58,5
April	1	44,5
	2	45,5
Mei	1	63,0
	2	49,5
Juni	1	47,5
	2	40,0
Juli	1	52,5
	2	69,0
Agustus	1	66,5
	2	77,5
September	1	78,5
	2	68,0
Oktober	1	90,5
	2	65,0
November	1	42,0
	2	52,0
Desember	1	55,5
	2	52,0
Rerata		54,2

6. Resapan pada bendungan

Nilai resapan pada bendungan sebesar 10% dari tampungan akhir yang terjadi. Nilai 10% ini diambil karena pada dasar dan dinding kolam bendungan jenis tanahnya adalah lempung sehingga resapannya kecil.

Perhitungan neraca air dilakukan dengan beberapa langkah berikut ini.

7. Menentukan nilai n

Nilai n ditentukan berdasarkan urutan periode dalam satu tahun. Urutan nilai n adalah sebagai berikut.

Tabel 5.54 Penentuan Nilai n

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	n
1	Januari	1	15	1
		2	16	2
2	Februari	1	15	3
		2	13	4
3	Maret	1	15	5
		2	16	6
4	April	1	15	7
		2	15	8
5	Mei	1	15	9
		2	16	10
6	Juni	1	15	11
		2	15	12
7	Juli	1	15	13
		2	16	14
8	Agustus	1	15	15
		2	16	16
9	September	1	15	17
		2	15	18
10	Oktober	1	15	19
		2	16	20
11	November	1	15	21
		2	15	22
12	Desember	1	15	23
		2	16	24

8. Menentukan *inflow* (I_n)

inflow (I_n) ditentukan berdasarkan aliran yang akan masuk ke bendungan. Jumlah aliran yang mengisi bendungan berasal dari ketersediaan air. Tetapi untuk total ketersediaan air dikurangi dengan evaporasi dan resapan yang terjadi pada setiap periode. Nilai evaporasi dan resapan pada Bulan Januari periode I bernilai 0 karena pada awal pengoperasian, tampungan bendungan belum terisi. Berikut adalah perhitungan *inflow* (I_n).

$$\begin{aligned} I_{n\text{Januari I}} &= V_{\text{ketersediaan air Januari I}} - \left(\frac{e_{\text{Januari I}}}{1000} \times A_{\text{bendungan}} \right) - \text{resapan} \\ &= 18.099.170,88 - \left(\frac{0}{1000} \times 1.696.359,52 \right) - 0 \\ &= 18.099.170,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{n\text{Januari II}} &= V_{\text{ketersediaan air Januari II}} - \left(\frac{e_{\text{Januari II}}}{1000} \times A_{\text{bendungan}} \right) - \text{resapan} \\ &= 11.884.756,46 - \left(\frac{36,3}{1000} \times 1.696.359,52 \right) - 1.809.917,09 \\ &= 10.013.261,52 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan periode dan bulan selanjutnya dicari dengan cara yang sama seperti di atas, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 5.55 Nilai *inflow* (I_n)

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Ketersediaan Air	Evaporasi	Resapan	<i>Inflow</i>
				m ³	m ³	m ³	m ³
1	Januari	1	15	18.099.170,88	0,00	0,00	18.099.170,88
		2	16	11.884.756,46	61.577,85	1.809.917,09	10.013.261,52
2	Februari	1	15	19.536.561,85	45.801,71	2.811.243,24	16.679.516,90
		2	13	11.225.247,87	49.194,43	4.479.194,93	6.696.858,52
3	Maret	1	15	9.826.801,50	72.943,46	5.148.880,78	4.604.977,26
		2	16	5.897.702,56	99.237,03	4.311.423,40	1.487.042,12
4	April	1	15	13.296.782,48	75.488,00	3.280.952,02	9.940.342,46
		2	15	7.255.803,11	77.184,36	3.583.497,94	3.595.120,81
5	Mei	1	15	5.131.859,68	106.870,65	3.128.869,43	1.896.119,59
		2	16	4.652.705,56	83.969,80	2.341.900,86	2.226.834,91
6	Juni	1	15	4.228.072,03	80.577,08	1.556.837,81	2.590.657,14
		2	15	15.223.687,69	67.854,38	1.102.622,49	14.053.210,81
7	Juli	1	15	4.484.942,73	89.058,87	1.888.202,45	2.507.681,41
		2	16	4.074.049,02	117.048,81	1.459.909,57	2.497.090,65

Lanjutan Tabel 5.55 Nilai inflow (I_n)

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Ketersediaan Air	Evaporasi	Resapan	Inflow
				m ³	m ³	m ³	m ³
8	Agustus	1	15	3.698.781,32	112.807,91	917.608,60	2.668.364,81
		2	16	3.359.758,91	131.467,86	917.608,60	2.310.682,45
9	September	1	15	3.051.810,57	133.164,22	917.608,60	2.001.037,75
		2	15	2.772.088,12	115.352,45	917.608,60	1.739.127,07
10	Oktober	1	15	2.518.004,43	153.520,54	917.608,60	1.446.875,29
		2	16	2.287.209,51	110.263,37	917.608,60	1.259.337,54
11	November	1	15	19.138.666,25	71.247,10	917.608,60	18.149.810,55
		2	15	18.327.090,99	88.210,70	1.372.501,29	16.866.379,00
12	Desember	1	15	8.829.298,62	94.147,95	2.024.063,41	6.711.087,25
		2	16	17.621.175,27	88.210,70	1.973.859,86	15.559.104,72

9. Menentukan *outflow* (O_n)

Outflow (O_n) merupakan aliran yang keluar dari bendungan, sehingga untuk nilai *outflow* (O_n) yaitu kebutuhan air irigasi (KAI) yang harus dilayani dalam luasan sawah dan kebutuhan air baku pada tiap periode. Awal pengoperasian bendungan pada bulan Januari periode I sampai bulan Februari periode II nilai *outflow* adalah nol, karena bendungan hanya difungsikan untuk menampung air. Perhitungan nilai *outflow* (O_n) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 O_n \text{ Maret I} &= V_{\text{Air Baku Maret I}} + V_{\text{Air Irigasi Maret I}} \\
 &= 4.670.096,43 + 7.195.203,07 \\
 &= 11.865.299,50 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan bulan selanjutnya menggunakan cara yang sama, sehingga diperoleh nilai *outflow* (O_n) sebagai berikut.

Tabel 5.56 Nilai Outflow (O_n)

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³)	Outflow (m ³)	
1	Januari	1	15	4.670.096,43	2.274.079,65	0 (tahap pengisian belum beroperasi)	
		2	16	4.981.436,19	2.932.780,78		
2	Februari	1	15	4.670.096,43	1.354.073,72		
		2	13	4.047.416,91	0,00		
3	Maret	1	15	4.670.096,43	7.195.203,07		11.865.299,50
		2	16	4.981.436,19	6.810.319,73		11.791.755,92

Lanjutan Tabel 5.56 Nilai *Outflow* (O_n)

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³)	<i>Outflow</i> (m ³)
4	April	1	15	4.670.096,43	2.244.786,79	6.914.883,22
		2	15	4.670.096,43	3.471.309,48	8.141.405,90
5	Mei	1	15	4.670.096,43	5.095.708,95	9.765.805,38
		2	16	4.981.436,19	5.096.029,21	10.077.465,40
6	Juni	1	15	4.670.096,43	2.462.713,85	7.132.810,28
		2	15	4.670.096,43	1.527.314,81	6.197.411,24
7	Juli	1	15	4.670.096,43	2.120.513,81	6.790.610,24
		2	16	4.981.436,19	3.064.581,57	8.046.017,77
8	Agustus	1	15	4.670.096,43	4.369.818,26	9.039.914,69
		2	16	4.981.436,19	4.924.810,60	9.906.246,79
9	September	1	15	4.670.096,43	5.105.603,88	9.775.700,31
		2	15	4.670.096,43	3.899.060,74	8.569.157,17
10	Oktober	1	15	4.670.096,43	2.516.365,88	7.186.462,30
		2	16	4.981.436,19	1.527.314,81	6.508.751,01
11	November	1	15	4.670.096,43	8.930.787,24	13.600.883,67
		2	15	4.670.096,43	5.680.661,32	10.350.757,75
12	Desember	1	15	4.670.096,43	2.543.026,35	7.213.122,78
		2	16	4.981.436,19	3.379.342,70	8.360.778,90

10. Menentukan volume S_n

Volume S_n merupakan volume tampungan awal periode ke n , sedangkan untuk periode selanjutnya nilai S_n diambil dari S_{n+1} terjadi periode sebelumnya. S_n bulan Januari periode I sampai bulan Februari periode II bernilai 0 karena awal pengoperasian bendungan. S_{n+1} terjadi diambil dari nilai S_{n+1} yang terjadi melebihi volume bendungan dan tidak kurang dari tampungan mati bendungan yaitu $9.176.086,00 \text{ m}^3 \leq S_{n+1} \text{ terjadi} < 43.114.234,00 \text{ m}^3$.

11. Menentukan volume S_{n+1}

S_{n+1} merupakan volume tampungan awal periode ke $n+1$ yang berarti apabila S_n adalah bulan Januari periode I maka S_{n+1} adalah Januari periode II dan selanjutnya mengikuti penentuan nilai n seperti pada Tabel 5.54. Cara untuk menghitung nilai S_{n+1} adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 S_{n+1} \text{ Januari I} &= S_n + I - O \\
 &= 0 + 18.099.170,88 - 0
 \end{aligned}$$

$$= 18.099.170,88 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan nilai S_{n+1} bulan Januari periode I di atas diperoleh hasil volume sebesar 18.099.170,88 m³. Nilai tersebut kurang dari tampungan mati bendungan, maka air tidak melimpas. Sehingga nilai S_{n+1} terjadi sama dengan S_{n+1} . Sehingga S_{n+1} terjadi yaitu 18.099.170,88 m³.

Perhitungan S_{n+1} bulan Maret Periode I adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{n+1} \text{ Maret I} &= S_n + I - O \\ &= 43.114.234,00 + 5.442.434,64 - 11.865.299,50 \\ &= 36.691.369,14 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Nilai tersebut lebih dari tampungan mati bendungan, tetapi air tidak melimpas. Sehingga nilai S_{n+1} terjadi adalah menggunakan ketentuan: Jika tampungan mati < S_{n+1} < kapasitas bendungan, maka air tidak melimpas dan kebutuhan air terpenuhi sehingga S_{n+1} terjadi sama dengan S_{n+1} yaitu 36.691.369,14 m³. Perhitungan bulan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama seperti di atas.

12. *Outflow* terjadi (O_n terjadi)

Nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) bisa lebih kecil atau sama dengan nilai *outflow* rencana (O_n). Apabila nilai S_{n+1} kurang dari tampungan mati maka *outflow* terjadi lebih kecil dari *outflow* (O_n). Pada bulan Maret Periode I nilai S_{n+1} adalah 36.691.369,14 m³, nilai tersebut lebih dari tampungan mati bendungan, tetapi air tidak melimpas. Sehingga nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) pada bulan Maret Periode I sama dengan *outflow* rencana (O_n) yaitu 11.865.299,50 m³

13. Tingkat Keandalan (TK)

Tingkat keandalan bendungan akan berkurang apabila nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) lebih kecil dari *outflow* rencana (O_n). Berikut adalah perhitungan tingkat keandalan bendungan pada bulan Maret Periode I.

$$\begin{aligned} TK_{\text{Maret I}} &= \frac{\text{Outflow terjadi } (O_n \text{ terjadi})}{\text{Outflow } (O_n)} \times 100\% \\ &= \frac{11.865.299,50}{11.865.299,50} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh tingkat keandalan pada bulan Maret Periode I adalah 100%. Perhitungan tingkat keandalan untuk bulan dan periode

berikutnya dihitung menggunakan cara yang sama, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 5.57 Rekapitulasi Simulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Tahun 2021

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Sn	Elevasi	Ketersediaan Air	Kebutuhan Air Baku	Kebutuhan Air Irigasi	Evaporasi	Resapan	Inflow
				m ³	m	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
1	Januari	1	15	0,00	151,00	18.099.170,88	0,00	0,00	0,00	0,00	18.099.170,88
		2	16	18.099.170,88	199,38	11.884.756,46	0,00	0,00	61.577,85	1.809.917,09	10.013.261,52
2	Februari	1	15	28.112.432,40	208,49	19.536.561,85	0,00	0,00	45.801,71	2.811.243,24	16.679.516,90
		2	13	43.114.234,00	218,60	11.225.247,87	0,00	0,00	49.194,43	4.311.423,40	6.864.630,05
3	Maret	1	15	43.114.234,00	218,60	9.826.801,50	4.670.096,43	7.195.203,07	72.943,46	4.311.423,40	5.442.434,64
		2	16	36.691.369,14	214,59	5.897.702,56	4.981.436,19	6.810.319,73	99.237,03	3.669.136,91	2.129.328,61
4	April	1	15	27.028.941,83	207,64	13.296.782,48	4.670.096,43	2.244.786,79	75.488,00	2.702.894,18	10.518.400,30
		2	15	30.632.458,91	210,56	7.255.803,11	4.670.096,43	3.471.309,48	77.184,36	3.063.245,89	4.115.372,86
5	Mei	1	15	26.606.425,87	207,27	5.131.859,68	4.670.096,43	5.095.708,95	106.870,65	2.660.642,59	2.364.346,44
		2	16	19.204.966,93	200,50	4.652.705,56	4.981.436,19	5.096.029,21	83.969,80	1.920.496,69	2.648.239,07
6	Juni	1	15	11.775.740,60	191,95	4.228.072,03	4.670.096,43	2.462.713,85	80.577,08	1.177.574,06	2.969.920,89
		2	15	9.176.086,00	188,00	15.223.687,69	4.670.096,43	1.527.314,81	67.854,38	917.608,60	14.238.224,70
7	Juli	1	15	17.216.899,46	198,49	4.484.942,73	4.670.096,43	2.120.513,81	89.058,87	1.721.689,95	2.674.193,91
		2	16	13.100.483,13	193,65	4.074.049,02	4.981.436,19	3.064.581,57	117.048,81	1.310.048,31	2.646.951,90
8	Agustus	1	15	9.176.086,00	188,00	3.698.781,32	4.670.096,43	4.369.818,26	112.807,91	917.608,60	2.668.364,81
		2	16	9.176.086,00	188,00	3.359.758,91	4.981.436,19	4.924.810,60	131.467,86	917.608,60	2.310.682,45
9	September	1	15	9.176.086,00	188,00	3.051.810,57	4.670.096,43	5.105.603,88	133.164,22	917.608,60	2.001.037,75
		2	15	9.176.086,00	188,00	2.772.088,12	4.670.096,43	3.899.060,74	115.352,45	917.608,60	1.739.127,07
10	Oktober	1	15	9.176.086,00	188,00	2.518.004,43	4.670.096,43	2.516.365,88	153.520,54	917.608,60	1.446.875,29
		2	16	9.176.086,00	188,00	2.287.209,51	4.981.436,19	1.527.314,81	110.263,37	917.608,60	1.259.337,54
11	November	1	15	9.176.086,00	188,00	19.138.666,25	4.670.096,43	8.930.787,24	71.247,10	917.608,60	18.149.810,55
		2	15	13.725.012,87	194,45	18.327.090,99	4.670.096,43	5.680.661,32	88.210,70	1.372.501,29	16.866.379,00
12	Desember	1	15	20.240.634,13	201,55	8.829.298,62	4.670.096,43	2.543.026,35	94.147,95	2.024.063,41	6.711.087,25
		2	16	19.738.598,60	201,04	17.621.175,27	4.981.436,19	3.379.342,70	88.210,70	1.973.859,86	15.559.104,72
13	Januari	1	15	26.936.924,42	207,56	18.099.170,88	4.670.096,43	2.274.079,65	60.770,25	2.693.692,44	15.344.708,19
		2	16	35.337.456,54	213,72	11.884.756,46	4.981.436,19	2.932.780,78	61.577,85	3.533.745,65	8.289.432,95
14	Februari	1	15	35.712.672,51	213,97	19.536.561,85	4.670.096,43	1.354.073,72	45.801,71	3.571.267,25	15.919.492,89
		2	13	43.114.234,00	218,60	11.225.247,87	4.047.416,91	0,00	49.194,43	4.311.423,40	6.864.630,05

Lanjutan Tabel 5.57 Rekapitulasi Simulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Tahun 2021

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	<i>Outflow</i>	Sn+1	Melimpas / Tidak Melimpas	Sn+1 Terjadi	<i>Outflow</i> Terjadi	Keandalan	Terpenuhi / Tidak Terpenuhi
				m ³	m ³		m ³	m ³	%	
1	Januari	1	15	0,00	18.099.170,88	Tidak Melimpas	18.099.170,88	0,00	-	Saat Pengisian
		2	16	0,00	28.112.432,40	Tidak Melimpas	28.112.432,40	0,00	-	Saat Pengisian
2	Februari	1	15	0,00	44.791.949,30	Melimpas	43.114.234,00	1.677.715,30	-	Saat Pengisian
		2	13	0,00	49.978.864,05	Melimpas	43.114.234,00	6.864.630,05	-	Saat Pengisian
3	Maret	1	15	11.865.299,50	36.691.369,14	Tidak Melimpas	36.691.369,14	11.865.299,50	100,00	Terpenuhi
		2	16	11.791.755,92	27.028.941,83	Tidak Melimpas	27.028.941,83	11.791.755,92	100,00	Terpenuhi
4	April	1	15	6.914.883,22	30.632.458,91	Tidak Melimpas	30.632.458,91	6.914.883,22	100,00	Terpenuhi
		2	15	8.141.405,90	26.606.425,87	Tidak Melimpas	26.606.425,87	8.141.405,90	100,00	Terpenuhi
5	Mei	1	15	9.765.805,38	19.204.966,93	Tidak Melimpas	19.204.966,93	9.765.805,38	100,00	Terpenuhi
		2	16	10.077.465,40	11.775.740,60	Tidak Melimpas	11.775.740,60	10.077.465,40	100,00	Terpenuhi
6	Juni	1	15	7.132.810,28	7.612.851,21	Tidak Melimpas	9.176.086,00	5.569.575,49	78,08	Tidak Terpenuhi
		2	15	6.197.411,24	17.216.899,46	Tidak Melimpas	17.216.899,46	6.197.411,24	100,00	Terpenuhi
7	Juli	1	15	6.790.610,24	13.100.483,13	Tidak Melimpas	13.100.483,13	6.790.610,24	100,00	Terpenuhi
		2	16	8.046.017,77	7.701.417,26	Tidak Melimpas	9.176.086,00	6.571.349,03	81,67	Tidak Terpenuhi
8	Agustus	1	15	9.039.914,69	2.804.536,13	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.668.364,81	29,52	Tidak Terpenuhi
		2	16	9.906.246,79	1.580.521,65	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.310.682,45	23,33	Tidak Terpenuhi
9	September	1	15	9.775.700,31	1.401.423,43	Tidak Melimpas	9.176.086,00	2.001.037,75	20,47	Tidak Terpenuhi
		2	15	8.569.157,17	2.346.055,90	Tidak Melimpas	9.176.086,00	1.739.127,07	20,30	Tidak Terpenuhi
10	Oktober	1	15	7.186.462,30	3.436.498,99	Tidak Melimpas	9.176.086,00	1.446.875,29	20,13	Tidak Terpenuhi
		2	16	6.508.751,01	3.926.672,53	Tidak Melimpas	9.176.086,00	1.259.337,54	19,35	Tidak Terpenuhi
11	November	1	15	13.600.883,67	13.725.012,87	Tidak Melimpas	13.725.012,87	13.600.883,67	100,00	Terpenuhi
		2	15	10.350.757,75	20.240.634,13	Tidak Melimpas	20.240.634,13	10.350.757,75	100,00	Terpenuhi
12	Desember	1	15	7.213.122,78	19.738.598,60	Tidak Melimpas	19.738.598,60	7.213.122,78	100,00	Terpenuhi
		2	16	8.360.778,90	26.936.924,42	Tidak Melimpas	26.936.924,42	8.360.778,90	100,00	Terpenuhi
13	Januari	1	15	6.944.176,08	35.337.456,54	Tidak Melimpas	35.337.456,54	6.944.176,08	100,00	Terpenuhi
		2	16	7.914.216,97	35.712.672,51	Tidak Melimpas	35.712.672,51	7.914.216,97	100,00	Terpenuhi
14	Februari	1	15	6.024.170,14	45.607.995,26	Melimpas	43.114.234,00	6.024.170,14	100,00	Terpenuhi
		2	13	4.047.416,91	45.931.447,14	Melimpas	43.114.234,00	4.047.416,91	100,00	Terpenuhi

5.5.4 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan untuk Optimasi

Pada perhitungan sebelumnya menunjukkan bahwa nilai tingkat keandalan belum sepenuhnya terpenuhi, sehingga perlu dilakukan perhitungan optimasi. Pada simulasi neraca air ini, jumlah penduduk dicoba dengan 230.154 jiwa yaitu untuk Kecamatan Sawoo, Kecamatan Mlarak, dan Kecamatan Badegan, sedangkan luas sawah yang akan dilayani adalah 600 ha. Berikut adalah data yang diperlukan dalam simulasi neraca air bendungan untuk optimasi.

1. Kebutuhan air baku

Perhitungan air baku ini sama seperti perhitungan sebelumnya pada subbab 5.2, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 5.58 Kebutuhan Air Baku Total untuk Optimasi

Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan (m ³ /detik)					
	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Sambungan Rumah	92,32	93,24	95,12	98,01	102,00	107,22
Hidran Umum	30,77	31,08	31,71	32,67	34,00	35,74
Fasilitas pendidikan	2,03	2,05	2,10	2,16	2,25	2,36
Fasilitas Rumah Sakit	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fasilitas Puskesmas	0,51	0,51	0,51	0,60	0,60	0,60
Fasilitas Masjid	14,76	14,93	15,10	15,28	15,45	15,63
Fasilitas Mushola	19,88	20,00	20,12	20,12	20,23	20,23
Fasilitas Gereja	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Fasilitas Kantor	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Fasilitas Pasar	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89
Fasilitas Hotel	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17
Fasilitas Industri	12,31	12,43	12,68	13,07	13,60	14,30
Fasilitas Pariwisata	11,10	11,10	11,10	11,10	11,10	11,70
Faktor Kebocoran 20%	37,54	37,88	38,50	39,42	40,67	42,38
Total Kebutuhan (lt/det)	225,25	227,27	231,00	236,51	244,01	254,28
Total Kebutuhan (m ³ /det)	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,25
Total Kebutuhan (m ³)	19.461,32	19.636,15	19.958,21	20.434,53	21.082,55	21.970,22

Lanjutan Tabel 5.50 Kebutuhan Air Baku Total untuk Optimasi

Jenis Kebutuhan	Jumlah Kebutuhan (m ³ /detik)				
	2027	2028	2029	2030	2031
Sambungan Rumah	113,84	122,08	132,22	144,65	159,83
Hidran Umum	37,95	40,69	44,07	48,22	53,28
Fasilitas pendidikan	2,51	2,69	2,91	3,19	3,52
Fasilitas Rumah Sakit	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Fasilitas Puskesmas	0,69	0,69	0,69	0,79	0,79
Fasilitas Masjid	15,80	15,97	16,15	16,32	16,49
Fasilitas Mushola	20,35	20,35	20,46	20,46	20,58
Fasilitas Gereja	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
Fasilitas Kantor	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Fasilitas Pasar	3,89	3,89	3,89	3,89	4,58
Fasilitas Hotel	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25
Fasilitas Industri	15,18	16,28	17,63	19,29	21,31
Fasilitas Pariwisata	11,70	11,70	11,70	11,70	12,30
Faktor Kebocoran 20%	44,43	46,92	50,01	53,76	58,60
Total Kebutuhan (lt/det)	266,59	281,54	300,03	322,58	351,62
Total Kebutuhan (m ³ /det)	0,27	0,28	0,30	0,32	0,35
Total Kebutuhan (m ³)	23.033,57	24.324,83	25.922,74	27.870,70	30.380,34

Dari tabel di atas diperoleh jumlah kebutuhan air baku pada tahun 2031 sebesar 30.380,34 m³.

2. Kebutuhan air irigasi

Perhitungan air irigasi dilakukan dengan cara yang sama seperti pada subbab 5.3, tetapi dengan luas sawah 3299 ha belum optimal sehingga dicoba dengan luas 600 ha. Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan air irigasi untuk optimasi.

Tabel 5.59 Rekapitulasi Hasil Kebutuhan Air Irigasi untuk Optimasi

Bulan	Periode	ET0	P	Re	WLR	C1	C2	C	Etc atau IR	NFR	DR		KAI	Pola Tanam
		mm/hari	mm/hari	mm/hari					mm/hari	mm/hari	mm/hari	lt/dt/ha	m ³ /det	
November	1	4,31	2	2,0347	0	LP	LP	LP	13,7294	11,6948	2,0888	0,0021	1.624.271,70	Padi
	2	4,26	2	6,2907	0	1,1	LP	LP	13,7294	7,4388	1,3287	0,0013	1.033.160,59	
Desember	1	4,38	2	5,1893	1,7	1,1	1,1	1,1	4,8194	3,3301	0,5948	0,0006	462.508,58	
	2	4,25	2	3,8453	1,7	1,05	1,1	1,08	4,5705	4,4252	0,7904	0,0008	614.612,19	
Januari	1	4,49	2	5,4320	1,7	1,05	1,05	1,05	4,7099	2,9779	0,5319	0,0005	413.594,36	
	2	3,91	2	3,7707	1,7	0,95	1,05	1,0	3,9111	3,8404	0,6859	0,0007	533.394,50	
Februari	1	3,90	2	2,0813	0	0	0,95	0,48	1,8545	1,7731	0,3167	0,0003	246.269,85	
	2	4,10	2	5,9453	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	0,00	
Maret	1	3,54	2	2,4360	0	LP	LP	LP	11,8580	9,4220	1,6829	0,0017	1.308.615,29	
	2	4,22	2	2,9400	0	1,1	LP	LP	11,8580	8,9180	1,5929	0,0016	1.238.615,29	
April	1	3,24	2	4,3213	1,7	1,1	1,1	1,1	3,5609	2,9395	0,5250	0,0005	408.266,77	
	2	3,25	2	2,6507	1,7	1,05	1,1	1,08	3,4963	4,5456	0,8119	0,0008	631.338,49	
Mei	1	3,23	2	0,4200	1,7	1,05	1,05	1,05	3,3928	6,6728	1,1918	0,0012	926.773,38	
	2	3,11	2	0,1400	1,7	0,95	1,05	1,0	3,1132	6,6732	1,1919	0,0012	926.831,62	
Juni	1	2,95	2	0,1773	0	0	0,95	0,48	1,4022	3,2249	0,5760	0,0006	447.901,88	
	2	2,79	2	0,0000	0	0	0	0	0,0000	2,0000	0,3572	0,0004	277.777,78	
Juli	1	3,27	2	0,0400	0	0,5	0	0,25	0,8168	2,7768	0,4960	0,0005	385.664,83	
	2	3,28	2	0,0400	0	0,75	0,5	0,625	2,0530	4,0130	0,7168	0,0007	557.365,55	
Agustus	1	4,25	2	0,0000	0	1,0	0,75	0,875	3,7222	5,7222	1,0221	0,0010	794.753,24	
	2	4,45	2	0,0000	0	1,0	1,0	1	4,4490	6,4490	1,1519	0,0012	895.691,53	
September	1	5,15	2	0,0000	0	0,82	1,0	0,91	4,6857	6,6857	1,1942	0,0012	928.573,00	
	2	4,89	2	0,0000	0	0,45	0,82	0,635	3,1058	5,1058	0,9120	0,0009	709.135,02	
Oktober	1	5,76	2	0,0000	0	0	0,45	0,225	1,2952	3,2952	0,5886	0,0006	457.659,75	
	2	4,86	2	0,0000	0	0	0	0	0,0000	2,0000	0,3572	0,0004	277.777,78	

3. Ketersediaan air

Ketersediaan air merupakan jumlah air yang masuk ke dalam bendungan dalam suatu periode selama satu tahun. Data ketersediaan air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.60 Data Ketersediaan Air

No	Bulan	Jumlah Hari	V		Hujan yang Jatuh	Ketersediaan Air
			m ³ /s	m ³	m ³	m ³
1	Januari	15	3,1542	4.087.859,63	197.456,2481	4.285.315,8814
		16	2,3826	3.293.734,67	137.065,8492	3.430.800,5173
2	Februari	15	2,2371	2.899.267,36	75.657,6346	2.974.924,9962
		13	2,9183	3.277.828,46	216.116,2028	3.493.944,6580
3	Maret	15	1,9317	2.503.497,49	88.549,9669	2.592.047,4529
		16	3,1816	4.398.238,63	106.870,6498	4.505.109,2755
4	April	15	5,7982	7.514.439,38	157.082,8916	7.671.522,2740
		15	3,6035	4.670.163,26	96.353,2207	4.766.516,4840
5	Mei	15	3,6808	4.770.376,83	15.267,2357	4.785.644,0640
		16	2,2068	3.050.656,90	5.089,0786	3.055.745,9765
6	Juni	15	2,1381	2.771.040,19	6.446,1662	2.777.486,3547
		15	2,7704	3.590.406,21	0,0000	3.590.406,2064
7	Juli	15	2,3276	3.016.527,69	2.035,6314	3.018.563,3262
		16	1,9821	2.740.039,20	2.035,6314	2.742.074,8268
8	Agustus	15	1,9204	2.488.893,04	0,0000	2.488.893,0426
		16	1,6354	2.260.766,41	0,0000	2.260.766,4109
9	September	15	1,5845	2.053.549,38	0,0000	2.053.549,3801
		15	1,4393	1.865.325,42	0,0000	1.865.325,4206
10	Oktober	15	1,3074	1.694.353,67	0,0000	1.694.353,6682
		16	1,1133	1.539.052,82	0,0000	1.539.052,8221
11	November	15	0,9798	1.269.850,06	73.961,2751	1.343.811,3308
		15	0,9798	1.269.850,06	228.669,2633	1.498.519,3190
12	Desember	15	0,8900	1.153.458,31	188.635,1786	1.342.093,4846
		16	0,9663	1.335.824,68	139.780,0244	1.475.604,7025

4. Kebutuhan pengambilan untuk air irigasi

Kebutuhan air irigasi termasuk kedalaman air yang akan keluar dari bendungan. Berikut ini kebutuhan air irigasi yang akan dilayani.

Tabel 5.61 Data Kebutuhan Pengambilan untuk Air Irigasi

No	Bulan	Jumlah Hari	NFR	DR
			mm/hari	lt/dt/ha
1	Januari	15	11,6948	2,0888
		16	7,4388	1,3287
2	Februari	15	3,3301	0,5948
		13	4,4252	0,7904
3	Maret	15	2,9779	0,5319
		16	3,8404	0,6859
4	April	15	1,7731	0,3167
		15	0	0
5	Mei	15	9,4220	1,6829
		16	8,9180	1,5929
6	Juni	15	2,9395	0,5250
		15	4,5456	0,8119
7	Juli	15	6,6728	1,1918
		16	6,6732	1,1919
8	Agustus	15	3,2249	0,5760
		16	2,0000	0,3572
9	September	15	2,7768	0,4960
		15	4,0130	0,7168
10	Oktober	15	5,7222	1,0221
		16	6,4490	1,1519
11	November	15	6,6857	1,1942
		15	5,1058	0,9120
12	Desember	15	3,2952	0,5886
		16	2,0000	0,3572

5. Kebutuhan pengambilan untuk air baku

Kebutuhan total air baku pada tahun rencana 2031 diperoleh sebesar 30.380,34 m³. Sehingga diperoleh kebutuhan air baku sebagai berikut.

Tabel 5.62 Kebutuhan Air Baku Optimasi

No	Bulan	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)
1	Januari	15	455.705,12
		16	486.085,46
2	Februari	15	455.705,12
		13	394.944,43
3	Maret	15	455.705,12

Lanjutan Tabel 5.62 Kebutuhan Air Baku Optimalisasi

No	Bulan	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)
3	Maret	16	486.085,46
4	April	15	455.705,12
		15	455.705,12
5	Mei	15	455.705,12
		16	486.085,46
6	Juni	15	455.705,12
		15	455.705,12
7	Juli	15	455.705,12
		16	486.085,46
8	Agustus	15	455.705,12
		16	486.085,46
9	September	15	455.705,12
		15	455.705,12
10	Oktober	15	455.705,12
		16	486.085,46
11	November	15	455.705,12
		15	455.705,12
12	Desember	15	455.705,12
		16	486.085,46

6. Evaporasi pada permukaan tampungan bendungan
Data evaporasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.63 Data Evaporasi

Bulan	Periode	Evaporasi
		(mm/15hari)
Januari	1	48,5
	2	36,3
Februari	1	27,0
	2	29,0
Maret	1	43,0
	2	58,5
April	1	44,5
	2	45,5
Mei	1	63,0
	2	49,5
Juni	1	47,5
	2	40,0

Lanjutan Tabel 5.63 Data Evaporasi

Bulan	Periode	Evaporasi
		(mm/15hari)
Juli	1	52,5
	2	69,0
Agustus	1	66,5
	2	77,5
September	1	78,5
	2	68,0
Oktober	1	90,5
	2	65,0
November	1	42,0
	2	52,0
Desember	1	55,5
	2	52,0
Rerata		54,2

7. Resapan pada bendungan

Nilai resapan pada bendungan sebesar 10% dari tampungan akhir yang terjadi. Nilai 10% ini diambil karena pada dasar dan dinding kolam bendungan jenis tanahnya adalah lempung sehingga resapannya kecil.

Perhitungan neraca air dilakukan dengan beberapa langkah berikut ini.

1. Menentukan nilai n

Nilai n ditentukan berdasarkan urutan periode dalam satu tahun. Urutan nilai n adalah sebagai berikut.

Tabel 5.64 Penentuan Nilai n

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	n
1	Januari	1	15	1
		2	16	2
2	Februari	1	15	3
		2	13	4
3	Maret	1	15	5
		2	16	6
4	April	1	15	7
		2	15	8
5	Mei	1	15	9
		2	16	10

Lanjutan Tabel 5.64 Penentuan Nilai n

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	n
6	Juni	1	15	11
		2	15	12
7	Juli	1	15	13
		2	16	14
8	Agustus	1	15	15
		2	16	16
9	September	1	15	17
		2	15	18
10	Oktober	1	15	19
		2	16	20
11	November	1	15	21
		2	15	22
12	Desember	1	15	23
		2	16	24

2. Menentukan *inflow* (I_n)

Nilai evaporasi dan resapan pada Bulan Januari periode I bernilai 0 karena pada awal pengoperasian, tampungan bendungan belum terisi. Berikut adalah perhitungan *inflow* (I_n).

$$\begin{aligned}
 I_{n\text{Januari I}} &= V_{\text{ketersediaan air Januari I}} - \left(\frac{e_{\text{Januari I}}}{1000} \times A_{\text{bendungan}} \right) - \text{resapan} \\
 &= 4.285.315,88 - \left(\frac{0}{1000} \times 1.696.359,52 \right) - 0 \\
 &= 4.285.315,88 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{n\text{Januari II}} &= V_{\text{ketersediaan air Januari II}} - \left(\frac{e_{\text{Januari II}}}{1000} \times A_{\text{bendungan}} \right) - \text{resapan} \\
 &= 3.430.800,5173 - \left(\frac{36,3}{1000} \times 1.696.359,52 \right) - 428.531,59 \\
 &= 2.940.691,08 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan periode dan bulan selanjutnya dicari dengan cara yang sama seperti di atas, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 5.65 Nilai *inflow* Neraca Air Baku dan Irigasi (I_n) Optimasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Ketersediaan Air	Evaporasi	Resapan	<i>Inflow</i>
				m ³	m ³	m ³	m ³
1	Januari	1	15	4.285.315,88	0,00	0,00	4.285.315,88
		2	16	3.430.800,52	61.577,85	428.531,59	2.940.691,08

Lanjutan Tabel 5.65 Nilai *inflow* Neraca Air Baku dan Irigasi (I_n) Optimasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Ketersediaan Air	Evaporasi	Resapan	<i>Inflow</i>
				m ³	m ³	m ³	m ³
2	Februari	1	15	2.974.925,00	45.801,71	722.600,70	2.206.522,59
		2	13	3.493.944,66	49.194,43	943.252,96	2.501.497,28
3	Maret	1	15	2.592.047,45	72.943,46	1.193.402,68	1.325.701,31
		2	16	4.505.109,28	99.237,03	1.149.540,77	3.256.331,47
4	April	1	15	7.671.522,27	75.488,00	1.302.703,85	6.293.330,43
		2	15	4.766.516,48	77.184,36	1.845.639,70	2.843.692,43
5	Mei	1	15	4.785.644,06	106.870,65	2.021.304,58	2.657.468,83
		2	16	3.055.745,98	83.969,80	2.148.803,62	822.972,56
6	Juni	1	15	2.777.486,35	80.577,08	2.089.809,16	607.100,11
		2	15	3.590.406,21	67.854,38	2.060.158,48	1.462.393,35
7	Juli	1	15	3.018.563,33	89.058,87	2.133.049,52	796.454,93
		2	16	2.742.074,83	117.048,81	2.128.558,02	496.468,00
8	Agustus	1	15	2.488.893,04	112.807,91	2.073.859,72	302.225,42
		2	16	2.260.766,41	131.467,86	1.979.036,42	150.262,12
9	September	1	15	2.053.549,38	133.164,22	1.855.884,94	64.500,22
		2	15	1.865.325,42	115.352,45	1.723.907,15	26.065,82
10	Oktober	1	15	1.694.353,67	153.520,54	1.610.029,72	-69.196,59
		2	16	1.539.052,82	110.263,37	1.511.773,57	-82.984,12
11	November	1	15	1.343.811,33	71.247,10	1.427.088,84	-154.524,61
		2	15	1.498.519,32	88.210,70	1.203.638,69	206.669,93
12	Desember	1	15	1.342.093,48	94.147,95	1.075.419,12	172.526,41
		2	16	1.475.604,70	88.210,70	1.000.850,39	386.543,62

3. Menentukan *outflow* (O_n)

Nilai *outflow* (O_n) yaitu kebutuhan air irigasi (KAI) yang harus dilayani dalam luasan sawah dan kebutuhan air baku pada tiap periode. Awal pengoperasian bendungan pada bulan Januari periode I sampa bulan Februari periode II nilai *outflow* adalah nol, karena bendungan hanya difungsikan untuk menampung air. Perhitungan nilai *outflow* (O_n) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 O_n \text{ Maret I} &= V_{\text{Air Baku Maret I}} + V_{\text{Air Irigasi Maret I}} \\
 &= 455.705,12 + 1.308.615,29 \\
 &= 1.764.320,41 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan bulan selanjutnya menggunakan cara yang sama, sehingga diperoleh nilai *outflow* (O_n) sebagai berikut.

Tabel 5.66 Nilai *Outflow* Neraca Air Baku dan Irigasi (O_n) Optimasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku (m ³)	Kebutuhan Air Irigasi (m ³)	<i>Outflow</i> (m ³)
1	Januari	1	15	455.705,12	413.594,36	0 (tahap pengisian belum beroperasi)
		2	16	486.085,46	533.394,50	
2	Februari	1	15	455.705,12	246.269,85	
		2	13	394.944,43	0,00	
3	Maret	1	15	455.705,12	1.308.615,29	1.764.320,41
		2	16	486.085,46	1.238.615,29	1.724.700,75
4	April	1	15	455.705,12	408.266,77	863.971,89
		2	15	455.705,12	631.338,49	1.087.043,61
5	Mei	1	15	455.705,12	926.773,38	1.382.478,49
		2	16	486.085,46	926.831,62	1.412.917,08
6	Juni	1	15	455.705,12	447.901,88	903.607,00
		2	15	455.705,12	277.777,78	733.482,89
7	Juli	1	15	455.705,12	385.664,83	841.369,95
		2	16	486.085,46	557.365,55	1.043.451,01
8	Agustus	1	15	455.705,12	794.753,24	1.250.458,36
		2	16	486.085,46	895.691,53	1.381.776,99
9	September	1	15	455.705,12	928.573,00	1.384.278,12
		2	15	455.705,12	709.135,02	1.164.840,14
10	Oktober	1	15	455.705,12	457.659,75	913.364,87
		2	16	486.085,46	277.777,78	763.863,23
11	November	1	15	455.705,12	1.624.271,70	2.079.976,82
		2	15	455.705,12	1.033.160,59	1.488.865,71
12	Desember	1	15	455.705,12	462.508,58	918.213,70
		2	16	486.085,46	614.612,19	1.100.697,65

4. Menentukan volume S_n

Volume S_n merupakan volume tampungan awal periode ke n , sedangkan untuk periode selanjutnya nilai S_n diambil dari S_{n+1} terjadi periode sebelumnya. S_n bulan Januari periode I sampai bulan Februari II bernilai 0 karena awal pengoperasian bendungan. Terjadi S_{n+1} terjadi diambil dari nilai S_{n+1} yang terjadi melebihi volume bendungan dan tidak kurang dari tampungan mati bendungan yaitu $9.176.086,00 \text{ m}^3 \leq S_{n+1} \text{ terjadi} < 43.114.234,00 \text{ m}^3$.

5. Menentukan volume S_{n+1}

S_{n+1} merupakan volume tampungan awal periode ke $n+1$ yang berarti apabila S_n adalah bulan Januari periode I maka S_{n+1} adalah Januari periode II dan

selanjutnya mengikuti penentuan nilai n seperti pada Tabel 5.64. Cara untuk menghitung nilai S_{n+1} adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{n+1} \text{ Januari I} &= S_n + I - O \\ &= 0 + 4.285.315,88 - 0 \\ &= 4.285.315,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai S_{n+1} bulan Januari periode I di atas diperoleh hasil volume sebesar 4.285.315,88 m³. Nilai tersebut kurang dari tampungan mati bendungan, maka air tidak melimpas. Sehingga nilai S_{n+1} terjadi sama dengan S_{n+1} . Sehingga S_{n+1} terjadi yaitu 4.285.315,88 m³.

Perhitungan S_{n+1} bulan Maret Periode I adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{n+1} \text{ Maret I} &= S_n + I - O \\ &= 11.934.026,83 + 1.325.701,31 - 1.764.320,41 \\ &= 11.495.407,74 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Nilai tersebut lebih dari tampungan mati bendungan, tetapi air tidak melimpas. Sehingga nilai S_{n+1} terjadi adalah menggunakan ketentuan: Jika tampungan mati < S_{n+1} < kapasitas bendungan, maka air tidak melimpas dan kebutuhan air terpenuhi sehingga S_{n+1} terjadi sama dengan S_{n+1} yaitu 11.495.407,74 m³. Perhitungan bulan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama seperti di atas.

6. *Outflow* terjadi (O_n terjadi)

Nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) bisa lebih kecil atau sama dengan nilai *outflow* rencana (O_n). Apabila nilai S_{n+1} kurang dari tampungan mati maka *outflow* terjadi lebih kecil dari *outflow* (O_n). Pada bulan Maret Periode I nilai S_{n+1} adalah 11.495.407,74 m³, nilai tersebut lebih dari tampungan mati bendungan, tetapi air tidak melimpas. Sehingga nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) pada bulan Maret Periode I sama dengan nilai *outflow* (O_n) yaitu 1.764.320,41 m³.

7. Tingkat Keandalan (TK)

Tingkat keandalan bendungan akan berkurang apabila nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) lebih kecil dari *outflow* rencana (O_n). Berikut adalah perhitungan tingkat keandalan bendungan pada bulan Maret Periode I.

$$TK_{\text{Maret I}} = \frac{\text{Outflow terjadi } (O_n \text{ terjadi})}{\text{Outflow } (O_n)} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1.764.320,41}{1.764.320,41} \times 100\% \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh tingkat keandalan pada bulan Maret Periode I adalah 100%. Perhitungan tingkat keandalan untuk bulan dan periode berikutnya dihitung menggunakan cara yang sama, sehingga diperoleh hasil sesuai Tabel 5.67.

Tabel 5.67 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Untuk Pelayanan Air Baku dan Air Irigasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Sn	Elevasi	Ketersediaan Air	Kebutuhan Air Baku	Kebutuhan Air Irigasi	Evaporasi	Resapan	Inflow
				m ³	m	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
1	Januari	1	15	0,00	151,00	4.285.315,88	0,00	0,00	0,00	0,00	4.285.315,88
		2	16	4.285.315,88	177,87	3.430.800,52	0,00	0,00	61.577,85	428.531,59	2.940.691,08
2	Februari	1	15	7.226.006,96	184,50	2.974.925,00	0,00	0,00	45.801,71	722.600,70	2.206.522,59
		2	13	9.432.529,55	188,38	3.493.944,66	0,00	0,00	49.194,43	943.252,96	2.501.497,28
3	Maret	1	15	11.934.026,83	192,04	2.592.047,45	455.705,12	1.308.615,29	72.943,46	1.193.402,68	1.325.701,31
		2	16	11.495.407,74	191,39	4.505.109,28	486.085,46	1.238.615,29	99.237,03	1.149.540,77	3.256.331,47
4	April	1	15	13.027.038,46	193,55	7.671.522,27	455.705,12	408.266,77	75.488,00	1.302.703,85	6.293.330,43
		2	15	18.456.397,00	199,74	4.766.516,48	455.705,12	631.338,49	77.184,36	1.845.639,70	2.843.692,43
5	Mei	1	15	20.213.045,82	201,53	4.785.644,06	455.705,12	926.773,38	106.870,65	2.021.304,58	2.657.468,83
		2	16	21.488.036,16	202,82	3.055.745,98	486.085,46	926.831,62	83.969,80	2.148.803,62	822.972,56
6	Juni	1	15	20.898.091,64	202,22	2.777.486,35	455.705,12	447.901,88	80.577,08	2.089.809,16	607.100,11
		2	15	20.601.584,76	201,92	3.590.406,21	455.705,12	277.777,78	67.854,38	2.060.158,48	1.462.393,35
7	Juli	1	15	21.330.495,22	202,66	3.018.563,33	455.705,12	385.664,83	89.058,87	2.133.049,52	796.454,93
		2	16	21.285.580,20	202,61	2.742.074,83	486.085,46	557.365,55	117.048,81	2.128.558,02	496.468,00
8	Agustus	1	15	20.738.597,19	202,06	2.488.893,04	455.705,12	794.753,24	112.807,91	2.073.859,72	302.225,42
		2	16	19.790.364,25	201,10	2.260.766,41	486.085,46	895.691,53	131.467,86	1.979.036,42	150.262,12
9	September	1	15	18.558.849,38	199,85	2.053.549,38	455.705,12	928.573,00	133.164,22	1.855.884,94	64.500,22
		2	15	17.239.071,49	198,51	1.865.325,42	455.705,12	709.135,02	115.352,45	1.723.907,15	26.065,82
10	Oktober	1	15	16.100.297,17	197,26	1.694.353,67	455.705,12	457.659,75	153.520,54	1.610.029,72	-69.196,59
		2	16	15.117.735,72	196,12	1.539.052,82	486.085,46	277.777,78	110.263,37	1.511.773,57	-82.984,12
11	November	1	15	14.270.888,36	195,13	1.343.811,33	455.705,12	1.624.271,70	71.247,10	1.427.088,84	-154.524,61
		2	15	12.036.386,94	192,29	1.498.519,32	455.705,12	1.033.160,59	88.210,70	1.203.638,69	206.669,93
12	Desember	1	15	10.754.191,16	190,31	1.342.093,48	455.705,12	462.508,58	94.147,95	1.075.419,12	172.526,41
		2	16	10.008.503,88	189,22	1.475.604,70	486.085,46	614.612,19	88.210,70	1.000.850,39	386.543,62
13	Januari	1	15	9.294.349,85	188,17	4.285.315,88	455.705,12	413.594,36	60.770,25	929.434,99	3.295.110,65
		2	16	11.720.161,02	191,72	3.430.800,52	486.085,46	533.394,50	61.577,85	1.172.016,10	2.197.206,56
14	Februari	1	15	12.897.887,63	193,39	2.974.925,00	455.705,12	246.269,85	45.801,71	1.289.788,76	1.639.334,53
		2	13	13.835.247,19	194,59	3.493.944,66	394.944,43	0,00	49.194,43	1.383.524,72	2.061.225,51

Lanjutan Tabel 5.67 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Bendungan Untuk Pelayanan Air Baku dan Air Irigasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Outflow	Sn+1	Melimpas / Tidak Melimpas	Sn+1 Terjadi	Outflow Terjadi	Keandalan %	Terpenuhi / Tidak Terpenuhi
				m ³	m ³		m ³	m ³		
1	Januari	1	15	0,00	4.285.315,88	Tidak Melimpas	4.285.315,88	0,00	-	Saat Pengisian
		2	16	0,00	7.226.006,96	Tidak Melimpas	7.226.006,96	0,00	-	Saat Pengisian
2	Februari	1	15	0,00	9.432.529,55	Tidak Melimpas	9.432.529,55	0,00	-	Saat Pengisian
		2	13	0,00	11.934.026,83	Tidak Melimpas	11.934.026,83	0,00	-	Saat Pengisian
3	Maret	1	15	1.764.320,41	11.495.407,74	Tidak Melimpas	11.495.407,74	1.764.320,41	100,00	Terpenuhi
		2	16	1.724.700,75	13.027.038,46	Tidak Melimpas	13.027.038,46	1.724.700,75	100,00	Terpenuhi
4	April	1	15	863.971,89	18.456.397,00	Tidak Melimpas	18.456.397,00	863.971,89	100,00	Terpenuhi
		2	15	1.087.043,61	20.213.045,82	Tidak Melimpas	20.213.045,82	1.087.043,61	100,00	Terpenuhi
5	Mei	1	15	1.382.478,49	21.488.036,16	Tidak Melimpas	21.488.036,16	1.382.478,49	100,00	Terpenuhi
		2	16	1.412.917,08	20.898.091,64	Tidak Melimpas	20.898.091,64	1.412.917,08	100,00	Terpenuhi
6	Juni	1	15	903.607,00	20.601.584,76	Tidak Melimpas	20.601.584,76	903.607,00	100,00	Terpenuhi
		2	15	733.482,89	21.330.495,22	Tidak Melimpas	21.330.495,22	733.482,89	100,00	Terpenuhi
7	Juli	1	15	841.369,95	21.285.580,20	Tidak Melimpas	21.285.580,20	841.369,95	100,00	Terpenuhi
		2	16	1.043.451,01	20.738.597,19	Tidak Melimpas	20.738.597,19	1.043.451,01	100,00	Terpenuhi
8	Agustus	1	15	1.250.458,36	19.790.364,25	Tidak Melimpas	19.790.364,25	1.250.458,36	100,00	Terpenuhi
		2	16	1.381.776,99	18.558.849,38	Tidak Melimpas	18.558.849,38	1.381.776,99	100,00	Terpenuhi
9	September	1	15	1.384.278,12	17.239.071,49	Tidak Melimpas	17.239.071,49	1.384.278,12	100,00	Terpenuhi
		2	15	1.164.840,14	16.100.297,17	Tidak Melimpas	16.100.297,17	1.164.840,14	100,00	Terpenuhi
10	Oktober	1	15	913.364,87	15.117.735,72	Tidak Melimpas	15.117.735,72	913.364,87	100,00	Terpenuhi
		2	16	763.863,23	14.270.888,36	Tidak Melimpas	14.270.888,36	763.863,23	100,00	Terpenuhi
11	November	1	15	2.079.976,82	12.036.386,94	Tidak Melimpas	12.036.386,94	2.079.976,82	100,00	Terpenuhi
		2	15	1.488.865,71	10.754.191,16	Tidak Melimpas	10.754.191,16	1.488.865,71	100,00	Terpenuhi
12	Desember	1	15	918.213,70	10.008.503,88	Tidak Melimpas	10.008.503,88	918.213,70	100,00	Terpenuhi
		2	16	1.100.697,65	9.294.349,85	Tidak Melimpas	9.294.349,85	1.100.697,65	100,00	Terpenuhi
13	Januari	1	15	869.299,47	11.720.161,02	Tidak Melimpas	11.720.161,02	869.299,47	100,00	Terpenuhi
		2	16	1.019.479,96	12.897.887,63	Tidak Melimpas	12.897.887,63	1.019.479,96	100,00	Terpenuhi
14	Februari	1	15	701.974,96	13.835.247,19	Tidak Melimpas	13.835.247,19	701.974,96	100,00	Terpenuhi
		2	13	394.944,43	15.501.528,27	Tidak Melimpas	15.501.528,27	394.944,43	100,00	Terpenuhi

5.6 Pembahasan

Pada analisis ketersediaan air, debit terukur dari Sungai Keyang tidak ada sehingga perhitungan menggunakan pendugaan model Mock. Pendugaan model Mock pada tahun 2012 dilakukan dengan memasukkan parameter DAS dan dihitung secara *trial and error* agar perubahan air di zona permukaan dan di akuifer mendekati 0. Dari nilai parameter tersebut diperoleh nilai *inflow – outflow* dan perubahan *upper zone soil moisture* sebesar 0 mm, serta nilai perubahan *groundwater storage* sebesar 1 mm. sehingga parameter tersebut dipakai untuk perhitungan ketersediaan pada tahun-tahun selanjutnya sampai tahun 2021.

Kapasitas tampungan mati Bendungan Bendo dari data yang sudah ada sebesar 9.176.086,00 m³. Analisis neraca air dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan Bendungan Bendo. Analisis neraca air dilakukan dengan *outflow* dari kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun yaitu tahun 2031. Analisis neraca air pertama dengan *outflow* yang diambil dari kebutuhan air baku dan air irigasi diperoleh nilai keandalan yang kurang dari 100%. Sehingga kebutuhan air baku untuk 1.689.462,39 jiwa dan kebutuhan air irigasi dengan luas sawah 3299 ha dalam satu tahun tidak dapat terpenuhi.

Analisis kedua yaitu simulasi neraca air menggunakan debit perhitungan pada tahun 2021. Dari analisis tersebut diperoleh tingkat keandalan rerata sebesar 66,67% dan terdapat 6 periode yang belum terpenuhi. Maka perlu dilakukan analisis neraca air dengan mencari luas sawah dan jumlah penduduk yang optimal agar terlayani dengan baik.

Pada analisis neraca air untuk optimasi, luas sawah untuk kebutuhan air irigasi yang terpenuhi adalah 600 ha, dan jumlah penduduk menjadi 230.154 jiwa (3 kecamatan). Dari analisis tersebut diperoleh keandalan sebesar 100% pada setiap bulannya, yang artinya ketersediaan air pada Bendungan Bendo dapat memenuhi kebutuhan air baku dan kebutuhan air irigasi pada setiap bulannya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisis data sebelumnya, maka penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut.

1. Ketersediaan air Bendungan Bendo dengan debit andalan 90% untuk periode 15 hari diperoleh nilai debit terbesar yaitu $5,80 \text{ m}^3/\text{s}$ pada bulan April periode I dan nilai debit terkecil yaitu $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ pada bulan Desember periode I.
2. Kebutuhan air baku dan air irigasi di daerah bendungan adalah:
 - a. Kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun dan jumlah penduduk pada tahun 2031 adalah 1.689.462,39 jiwa diperoleh hasil kebutuhan air baku sebesar $3,60 \text{ m}^3/\text{s}$.
 - b. Kebutuhan air irigasi diperoleh debit terbesar terjadi pada bulan November periode I sebesar $6,89 \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit terkecil terjadi pada bulan Februari periode I sebesar $1,04 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Tingkat keandalan Bendungan Bendo dibagi menjadi 3 kondisi:
 - a. Tingkat keandalan rerata bendungan Bendo untuk memenuhi kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun sampai dengan tahun 2031 dan kebutuhan air irigasi dengan luas sawah 3299 ha diperoleh tingkat keandalan terbesar terjadi pada bulan April periode I yaitu 96,58% dan tingkat keandalan terkecil terjadi pada bulan November periode I yaitu 2,61%.
 - b. Tingkat keandalan untuk simulasi dengan menggunakan data debit terhitung pada tahun 2021 diperoleh tingkat keandalan rerata sebesar 66,67% dan terdapat 6 periode yang belum terpenuhi.
 - c. Tingkat keandalan optimasi dengan mengurangi jumlah penduduk menjadi 230.154 jiwa (3 kecamatan) dan luas sawah menjadi 600 ha sehingga diperoleh hasil tingkat keandalan rerata 100% pada setiap bulannya.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk peneliti selanjutnya sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya mencari data seperti data curah hujan, data debit sungai dan data klimatologi yang lebih lengkap agar diperoleh hasil perhitungan yang lebih optimal.
2. Pada analisis ketersediaan air bisa menggunakan metode yang lain seperti NRECA dan sebagainya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
3. Menggunakan periode data yang lebih panjang pada simulasi debit untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, T. L. (2016). Studi Optimasi Pemanfaatan Air Waduk Tugu di Kabupaten Trenggalek. *Tugas Akhir-RC14-1510*, 1-365.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Ponorogo. (2022). *Kabupaten Ponorogo Dalam Angka 2022*. Ponorogo: CV. Azka Putra Pratama.
- Busiri, A., Fajar, R., Sangkawati, S., & Budienny, H. (2016). Perencanaan Bendungan Bendo Ponorogo. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 159-169.
- Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. (1996). Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air. *Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Air Minum*, 1-16.
- Direktorat Jendral Sumber Daya Air dan Direktorat Irigasi dan Rawa. (2013). *Perencanaan Jaringan Irigasi KP-02*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Sumber Daya Air.
- Fachrurrozi, M. (2017). Studi Optimasi Pemanfaatan Waduk Bagong di Kabupaten Trenggalek Untuk Jaringan Irigasi, Kebutuhan Air Baku, dan Potensi PLTA. *Tugas Akhir-RC14-1501*, 1-139.
- Hadi, A. (2021). Analisis Kapasitas Tampung dan Keandalan Embung Wukirsari 1. *Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia*, 1-141.
- Jayadi, R. (2021). Analisis Ketersediaan Air. *Hidrologi Terapan*, 1-31.
- Mauliza, H. (2020). Studi Potensi SDA Pada Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang untuk Pengendalian Banjir, Pengadaan Air Bersih dan PLTA . *Fakultas Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*, 1-143.
- Nuramini, T. M. (2017). Studi Optimasi Pola Pengoperasian Waduk Bajulmati. *Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1-287.
- Osly, P. J., Ihsani, I., Ririhena, R. E., & Araswati, F. D. (2019). Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Kabupaten Manokwari dengan Model Mock. *Jurnal Infrastruktur*, 59-67.

- Satriyo, A. B. (2022). Analisis Keandalan Embung Selopamioro dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku dan Irigasi Daerah Imogiri Bantul. *Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia*, 1-200.
- Soemarto, C. D (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Soemarto, C. D (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan* . Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2012

Tahun data : 2012
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	9	2	2	9	57	0	0	0	0	0	0	28
2	34	0	3	0	0	0	0	0	0	0	7	7
3	0	8	7	2	0	0	0	0	0	0	3	25
4	3	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	48
5	33	11	28	40	13	0	0	0	0	0	0	67
6	8	0	3	2	15	0	0	0	0	0	2	3
7	16	0	16	14	3	2	0	0	0	0	13	20
8	21	3	3	92	35	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	1	6	0	1	0	0	0	0	0	4
10	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	3
11	2	0	2	49	0	0	0	0	0	0	0	7
12	0	8	0	14	0	0	0	0	0	0	0	42
13	18	6	0	4	7	0	0	0	0	3	0	9
14	74	0	5	18	4	0	0	0	0	0	0	21
15	8	0	4	23	16	0	4	0	0	0	15	30
16	10	17	0	10	15	0	0	0	0	7	0	31
17	83	78	0	6	26	0	0	0	0	2	18	2
18	3	1	2	0	50	0	0	0	0	0	7	2
19	0	1	0	0	0	0	6	0	0	44	38	11
20	20	36	11	0	0	0	0	0	0	0	4	0
21	7	42	19	0	0	0	0	0	0	0	0	2
22	0	46	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
23	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
24	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	14	21
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9
26	0	32	15	0	0	0	0	0	0	0	8	35
27	0	33	2	0	0	0	0	0	0	0	0	20
28	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
29	5	0	0	8	0	0	0	0	0	0	22	3
30	18	0	0	8	0	0	0	0	0	7	0	0
31	3	0	4	0	0	0	0	0	0	20	0	0
Total	413	347	150	308	241	3	10	0	0	83	171	462
Hari Hujan	22	18	20	17	11	2	2	0	0	6	14	26
Rerata	19	19	8	18	22	2	5	0	0	14	12	18
Maksimum	83	78	28	92	57	2	6	0	0	44	38	67
Total hujan tgl 1-15	241	39	91	276	150	3	4	0	0	3	40	314
Hari hujan tgl 1-15	12	7	13	13	8	2	1	0	0	1	5	14
Total hujan tgl 16-31	172	308	59	32	91	0	6	0	0	80	131	148
Hari hujan tgl 16-31	10	11	7	4	3	0	1	0	0	5	9	12

Lampiran 2 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2013

Tahun data : 2013
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	2	18	0	24	5	0	11	0	0	0	0	0
2	58	0	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0
3	26	0	3	13	0	0	0	0	0	0	0	8
4	0	48	9	1	0	0	3	0	0	0	0	0
5	6	29	2	33	0	0	5	0	0	0	0	0
6	18	26	0	9	0	4	0	0	0	0	0	0
7	46	30	0	37	0	25	0	0	0	0	0	0
8	1	0	14	51	0	1	0	0	0	0	15	26
9	13	9	3	0	0	19	1	0	0	0	8	8
10	8	25	3	4	0	1	9	0	0	0	0	22
11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7
12	0	18	4	2	1	2	0	0	0	0	10	17
13	6	45	2	0	3	0	0	0	0	0	12	7
14	2	6	0	75	0	0	0	0	0	0	22	44
15	3	24	4	11	0	0	0	0	0	0	28	44
16	3	29	5	44	0	9	0	0	0	0	64	13
17	17	33	10	2	7	42	0	0	0	0	16	24
18	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	19	17
19	7	0	7	44	3	0	0	0	0	0	7	4
20	16	17	21	0	0	0	0	0	0	0	1	10
21	3	0	0	9	2	0	0	0	0	0	6	12
22	9	16	19	0	1	0	0	0	0	0	0	9
23	7	23	4	11	6	12	0	0	0	0	0	45
24	31	0	2	12	9	0	3	0	0	36	0	5
25	22	90	7	3	6	0	14	0	0	0	0	30
26	1	0	0	0	15	0	0	0	0	0	12	22
27	6	4	0	0	8	0	0	0	0	0	45	0
28	0	0	0	14	2	3	0	0	0	0	18	0
29	0	0	7	0	26	0	0	0	0	17	0	0
30	6	0	54	0	0	2	0	0	0	8	0	0
31	21	0	11	0	14	0	0	0	0	12	0	0
Total	340	490	194	399	123	120	51	0	0	73	291	374
Hari Hujan	26	18	21	19	16	11	8	0	0	4	16	20
Rerata	13	27	9	21	8	11	6	0	0	18	18	19
Maksimum	58	90	54	75	26	42	14	0	0	36	64	45
Total hujan tgl 1-15	191	278	47	260	9	52	34	0	0	0	103	183
Hari hujan tgl 1-15	13	11	10	11	3	6	6	0	0	0	7	9
Total hujan tgl 16-31	149	212	147	139	114	68	17	0	0	73	188	191
Hari hujan tgl 16-31	13	7	11	8	13	5	2	0	0	4	9	11

Lampiran 3 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2014

Tahun data : 2014
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	8	8	0	1	18	0	0	0	0	0	0	5
2	7	3	8	29	6	0	0	0	0	0	0	0
3	6	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	19
4	5	0	7	4	6	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	5
6	10	0	0	9	31	0	0	0	0	0	0	21
7	17	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	5
8	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	7
9	0	10	7	31	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
11	13	0	0	0	0	2	0	0	0	0	44	5
12	16	0	0	12	0	0	0	0	0	0	6	38
13	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	10	4	6	0	36	0	9	0	0	0	3	0
15	6	0	0	22	8	0	9	0	0	0	2	0
16	12	9	14	5	2	0	0	0	0	0	13	17
17	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	12	6
18	0	50	15	0	0	8	0	0	0	0	21	9
19	2	6	77	0	0	0	0	0	0	0	15	15
20	3	0	0	7	0	2	0	0	0	0	27	14
21	2	0	2	17	0	0	0	0	0	0	15	70
22	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	12	1
23	12	23	0	4	0	0	0	0	0	0	16	2
24	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	17	50
25	3	31	4	0	0	23	0	0	0	0	5	2
26	9	0	0	0	0	104	0	0	0	0	68	0
27	0	1	0	35	1	94	0	0	0	0	0	0
28	0	14	2	11	0	0	28	0	0	0	38	7
29	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	15
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
31	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	167	162	167	245	108	234	46	0	0	0	324	319
Hari Hujan	20	13	15	17	8	7	3	0	0	0	18	22
Rerata	8	12	11	14	14	33	15	0	0	0	18	15
Maksimum	19	50	77	41	36	104	28	0	0	0	68	70
Total hujan tgl 1-15	104	25	44	125	105	2	18	0	0	0	58	111
Hari hujan tgl 1-15	11	4	7	10	6	1	2	0	0	0	5	10
Total hujan tgl 16-31	63	137	123	120	3	232	28	0	0	0	266	208
Hari hujan tgl 16-31	9	9	8	7	2	6	1	0	0	0	13	12

Lampiran 4 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2015

Tahun data : 2015
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	1	42	7	0	9	0	0	0	0	0	0	2
2	0	9	2	0	2	8	0	0	0	0	0	0
3	8	17	0	42	7	0	0	0	0	0	0	3
4	0	45	31	17	0	0	0	0	0	0	0	23
5	0	30	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	3	0	9	13	0	0	0	0	0	0	0
7	0	2	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	13	2	46	0	11	0	0	0	0	13	25
9	0	2	0	0	0	10	0	0	0	0	6	53
10	0	23	0	0	19	1	0	0	0	0	6	7
11	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	23	57
12	5	16	12	10	0	0	0	0	0	0	25	0
13	44	8	1	0	0	0	0	0	0	0	27	15
14	27	2	0	2	21	0	0	0	0	0	0	33
15	5	50	15	35	4	0	0	0	0	0	0	35
16	0	0	2	13	0	0	0	0	0	0	0	19
17	5	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	11
18	32	0	49	15	0	0	0	0	0	0	0	3
19	2	1	8	4	0	0	0	0	0	0	0	8
20	22	43	85	28	0	0	0	0	0	0	2	7
21	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	23	6
22	1	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	16	23	0	0	0	0	0	0	57	0
24	2	1	12	36	0	0	0	0	0	0	3	0
25	0	2	18	58	0	0	0	0	0	0	4	10
26	2	0	8	2	0	0	0	0	0	0	36	3
27	0	1	7	0	1	0	0	0	0	0	11	0
28	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
29	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	14	0
30	1	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	16
31	7	0	10	0	2	0	0	0	0	0	0	45
Total	169	351	359	443	78	30	0	0	0	0	250	386
Hari Hujan	17	20	23	19	9	4	0	0	0	0	14	21
Rerata	10	18	16	23	9	8	0	0	0	0	18	18
Maksimum	44	50	85	90	21	11	0	0	0	0	57	57
Total hujan tgl 1-15	90	303	73	170	75	30	0	0	0	0	100	253
Hari hujan tgl 1-15	6	15	8	9	7	4	0	0	0	0	6	10
Total hujan tgl 16-31	79	48	286	273	3	0	0	0	0	0	150	133
Hari hujan tgl 16-31	11	5	15	10	2	0	0	0	0	0	8	11

Lampiran 5 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2016

Tahun data : 2016
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	0	19	43	0	25	0	0	70	0	42
2	0	73	0	39	13	12	0	2	0	27	15	2
3	0	4	6	19	45	0	0	0	2	4	0	31
4	1	5	0	0	6	0	0	0	4	33	1	1
5	3	17	21	22	6	0	0	0	1	0	77	2
6	0	1	30	17	0	7	0	0	3	32	1	13
7	9	39	83	0	16	31	0	36	0	3	2	0
8	62	1	1	18	0	0	0	15	14	9	5	29
9	0	17	42	2	0	12	2	0	10	104	25	0
10	3	48	6	5	0	0	0	0	0	3	0	8
11	18	17	49	17	15	0	1	5	0	0	1	0
12	0	1	26	22	6	0	0	64	0	5	3	0
13	16	0	0	19	0	61	0	94	0	0	27	5
14	66	0	0	9	25	19	33	3	0	2	26	0
15	0	0	0	26	20	1	0	0	0	0	22	0
16	0	1	0	15	12	0	8	6	1	0	56	0
17	0	0	9	0	0	3	0	0	13	0	62	0
18	5	0	0	0	0	42	1	0	13	0	41	0
19	6	0	6	0	0	43	0	0	0	0	0	0
20	9	0	19	0	0	0	5	0	0	26	39	3
21	59	14	2	1	2	0	0	0	0	5	5	0
22	0	28	2	6	2	2	28	0	14	5	2	1
23	0	37	15	4	0	0	0	0	38	2	42	9
24	0	1	25	5	0	0	0	0	15	0	14	0
25	8	11	30	0	0	0	3	0	5	3	17	0
26	0	12	19	7	0	0	8	0	3	3	7	0
27	16	1	6	3	9	4	0	16	50	10	12	1
28	9	41	5	0	0	3	0	0	0	12	38	0
29	0	8	47	11	12	56	1	0	7	0	46	2
30	0	0	19	3	59	0	0	0	0	14	42	7
31	27	0	19	0	3	0	3	7	0	62	0	2
Total	317	377	487	289	294	296	118	248	193	434	628	158
Hari Hujan	16	21	23	22	17	14	12	10	16	21	26	16
Rerata	20	18	21	13	17	21	10	25	12	21	24	10
Maksimum	66	73	83	39	59	61	33	94	50	104	77	42
Total hujan tgl 1-15	178	223	264	234	195	143	61	219	34	292	205	133
Hari hujan tgl 1-15	8	11	9	13	10	7	4	7	6	11	12	9
Total hujan tgl 16-31	139	154	223	55	99	153	57	29	159	142	423	25
Hari hujan tgl 16-31	8	10	14	9	7	7	8	3	10	10	14	7

Lampiran 6 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2017

Tahun data : 2017
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	19	0	1	0	0	2	0	0	0	1
2	0	18	0	2	3	0	0	8	0	0	0	0
3	1	6	1	12	40	0	0	2	0	0	13	0
4	0	0	27	0	27	0	0	0	0	0	8	0
5	61	0	13	30	1	0	0	0	0	2	22	0
6	0	0	2	8	0	5	0	0	0	0	5	1
7	22	22	0	0	1	3	0	0	0	0	35	1
8	0	9	0	0	2	8	0	0	0	10	10	0
9	0	2	0	0	0	0	0	0	1	7	0	2
10	0	16	14	4	0	0	0	0	0	0	0	8
11	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	8
12	45	15	0	1	0	6	0	0	0	0	0	1
13	7	0	3	0	0	0	4	0	0	8	34	19
14	3	34	7	0	0	0	0	0	0	0	22	24
15	27	1	1	0	1	5	0	0	0	43	3	20
16	0	0	24	13	0	0	0	0	0	18	9	13
17	8	0	44	2	0	0	0	0	0	5	28	1
18	3	0	13	8	0	0	0	0	0	3	0	3
19	2	25	0	23	0	0	0	0	0	0	5	16
20	2	14	0	3	0	0	0	0	0	0	52	11
21	2	91	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
22	3	0	0	25	0	1	0	0	0	0	0	1
23	4	0	0	130	0	1	0	0	0	0	7	0
24	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	20	0
25	9	30	5	20	0	1	0	0	1	1	2	0
26	0	38	0	0	0	0	2	0	0	6	16	16
27	13	14	27	0	0	0	21	0	0	6	41	4
28	4	14	0	11	20	0	0	0	8	0	35	0
29	24	0	0	42	5	0	0	0	0	0	0	8
30	8	0	16	1	1	0	0	0	0	0	7	14
31	2	0	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Total	254	349	230	340	103	30	26	11	10	109	374	173
Hari Hujan	21	16	17	19	12	8	3	3	3	11	20	21
Rerata	12	22	14	18	9	4	9	4	3	10	19	8
Maksimum	61	91	44	130	40	8	21	8	8	43	52	24
Total hujan tgl 1-15	166	123	87	61	76	27	4	11	1	70	152	85
Hari hujan tgl 1-15	7	9	9	7	8	5	1	3	1	5	9	10
Total hujan tgl 16-31	88	226	143	279	27	3	23	0	9	39	222	88
Hari hujan tgl 16-31	14	7	8	12	4	3	2	0	2	6	11	11

Lampiran 7 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2018

Tahun data : 2018
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	9	57	17	39	0	0	0	0	0	0	0	0
2	107	27	0	35	0	0	0	0	0	0	0	50
3	8	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	9	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	31
5	53	1	52	0	0	0	0	0	0	0	11	17
6	2	35	42	19	0	0	0	0	0	0	1	8
7	17	16	66	21	0	0	0	0	0	0	14	34
8	40	13	21	15	0	0	0	0	0	0	56	0
9	3	2	0	9	0	0	0	0	0	0	59	0
10	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12	3
11	18	3	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
13	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	26	0
14	3	0	0	19	0	0	0	0	0	0	6	10
15	0	28	0	0	19	19	0	0	0	0	0	16
16	2	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
17	5	32	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	42	0	1	23	0	0	0	0	0	0	0	0
19	16	2	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0
20	2	2	0	5	0	0	0	0	16	2	0	1
21	3	10	0	0	39	39	0	0	0	0	0	19
22	25	70	17	1	17	17	0	0	0	0	0	0
23	2	5	0	15	4	4	0	0	0	0	0	4
24	76	3	0	29	0	0	0	0	0	0	0	1
25	17	0	12	3	0	0	0	0	0	0	10	21
26	2	5	0	0	1	1	0	0	0	0	7	5
27	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0
28	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	0
30	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	10
31	47	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	20
Total	564	345	322	237	81	81	1	0	22	2	347	253
Hari Hujan	30	22	17	15	6	6	1	0	2	1	14	18
Rerata	19	16	19	16	14	14	1	0	11	2	25	14
Maksimum	107	70	66	39	39	39	1	0	16	2	109	50
Total hujan tgl 1-15	301	212	243	157	19	19	1	0	0	0	185	173
Hari hujan tgl 1-15	14	13	9	7	1	1	1	0	0	0	9	10
Total hujan tgl 16-31	263	133	79	80	62	62	0	0	22	2	162	81
Hari hujan tgl 16-31	16	9	8	8	5	5	0	0	2	1	5	8

Lampiran 8 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2019

Tahun data : 2019
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	3	26	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	7	5	61	0	0	0	0	0	0	0	12	0
3	11	0	23	19	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	9	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	27	34	0	0	2	0	0	0	0	31
6	1	3	79	0	1	0	0	0	0	0	0	17
7	37	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0	11
8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
9	53	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	16	8	0	0	0	0	0	0	0	0	7
11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
13	28	5	46	2	0	6	0	0	0	0	2	9
14	12	1	0	0	0	1	0	0	0	0	21	16
15	3	2	14	36	0	0	0	0	0	0	0	12
16	9	22	13	23	0	0	0	0	0	0	0	33
17	33	3	20	3	0	0	0	0	0	0	0	5
18	10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	3	23	14	0	0	16	0	0	0	2	4
20	12	30	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	36	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
22	7	29	26	1	0	0	0	0	0	0	0	18
23	7	3	18	12	0	0	0	0	0	0	0	0
24	13	56	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
25	3	29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	11
26	0	2	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	2	28	0	2	0	0	0	0	0	0	1	29
28	0	4	6	64	0	0	0	0	0	0	0	1
29	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	13
30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	1
31	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Total	308	291	492	243	6	7	18	0	0	0	69	227
Hari Hujan	24	21	21	16	2	2	2	0	0	0	6	19
Rerata	13	14	23	15	3	4	9	0	0	0	12	12
Maksimum	53	56	79	64	5	6	16	0	0	0	33	33
Total hujan tgl 1-15	171	64	312	97	6	7	2	0	0	0	34	109
Hari hujan tgl 1-15	12	8	12	6	2	2	1	0	0	0	3	9
Total hujan tgl 16-31	138	227	181	146	0	0	16	0	0	0	35	118
Hari hujan tgl 16-31	12	13	9	10	0	0	1	0	0	0	3	10

Lampiran 9 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2020

Tahun data : 2020
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	49	31	39	1	0	0	0	0	1	0	99	10
2	14	25	22	20	0	0	0	0	1	9	0	1
3	25	40	6	10	2	0	0	0	12	5	39	2
4	1	0	13	27	0	0	0	0	0	10	3	0
5	13	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0	90
6	17	0	4	17	0	3	2	0	0	1	0	0
7	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	3
8	59	0	1	3	8	0	3	0	0	0	16	1
9	31	21	1	0	28	0	1	0	0	0	0	3
10	34	11	0	4	5	0	0	0	0	44	5	4
11	15	5	0	0	24	0	0	5	0	49	0	18
12	0	14	0	0	0	0	0	0	0	14	0	16
13	0	3	44	0	0	5	0	0	0	0	45	63
14	0	32	0	0	1	0	0	0	0	0	74	6
15	7	51	0	5	2	0	14	0	0	0	0	0
16	0	3	0	0	61	0	0	0	0	0	0	2
17	0	3	46	45	31	0	0	0	0	0	3	4
18	3	17	15	0	46	50	0	0	0	0	0	18
19	0	2	103	1	7	5	6	0	0	2	5	2
20	0	1	3	2	41	1	1	0	0	0	19	0
21	0	18	12	0	0	2	0	0	21	85	57	0
22	0	53	19	0	0	0	0	0	3	0	4	0
23	0	1	12	1	0	0	0	0	0	1	12	0
24	18	0	15	0	0	0	0	0	0	0	1	0
25	1	4	45	0	5	0	0	0	0	1	39	8
26	9	28	8	21	20	0	0	0	0	0	4	32
27	15	75	0	23	7	0	0	0	0	48	1	2
28	42	1	4	0	46	0	1	0	0	21	11	0
29	24	0	8	0	0	0	0	0	10	0	8	6
30	1	0	0	1	20	0	0	0	1	0	0	46
31	3	0	5	0	0	0	0	0	0	65	0	2
Total	377	436	420	182	356	64	25	5	47	358	442	333
Hari Hujan	21	22	22	16	18	6	7	1	7	15	19	22
Rerata	18	20	19	11	20	11	4	5	7	24	23	15
Maksimum	59	75	103	45	61	50	14	5	21	85	99	90
Total hujan tgl 1-15	264	231	128	90	75	8	19	5	13	136	280	215
Hari hujan tgl 1-15	12	10	9	9	8	2	4	1	3	8	7	12
Total hujan tgl 16-31	114	205	292	92	281	56	7	0	34	222	162	119
Hari hujan tgl 16-31	9	12	13	7	10	4	3	0	4	7	12	10

Lampiran 10 Data Curah Hujan Stasiun Sokoo Tahun 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Sokoo
 Lokasi Pos : Desa Sokoo, Kec. Sokoo, Kab. Ponorogo, Prop. Jawa Timur
 Data Geografis : 571220 E
 : 9124629 S
 Tahun Pendirian : 1975

Tgl	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
1	37	59	0	75	0	0	0	1	0	0	86	1
2	5	74	9	0	9	0	0	0	0	0	18	4
3	2	74	4	0	0	0	0	1	0	0	5	0
4	17	17	6	10	0	0	0	3	2	0	7	6
5	13	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	6
6	46	0	39	15	0	0	0	0	3	0	48	29
7	16	1	2	17	0	0	0	0	6	0	20	2
8	2	0	31	9	0	7	1	0	0	0	35	43
9	1	7	0	0	0	0	1	0	0	0	11	19
10	17	1	0	30	0	0	0	0	2	0	10	10
11	85	4	0	0	0	10	0	0	26	0	31	0
12	2	5	0	0	0	0	0	4	29	0	43	0
13	3	0	0	3	0	0	0	5	0	0	13	0
14	0	12	0	8	0	22	0	0	18	0	2	0
15	17	8	0	36	0	18	0	0	0	0	21	1
16	13	1	0	1	0	72	0	0	0	0	48	32
17	11	16	0	1	0	0	0	0	1	0	40	17
18	0	26	0	30	0	0	0	2	49	16	16	13
19	3	1	0	0	0	6	0	0	32	7	35	40
20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	27
21	3	1	0	0	0	7	0	1	20	2	0	1
22	2	5	0	0	0	5	0	0	4	0	1	0
23	0	29	0	0	0	47	8	0	4	0	65	91
24	42	2	0	6	2	38	0	0	3	0	6	0
25	14	0	0	23	0	0	0	0	0	0	10	0
26	23	33	0	0	4	2	0	0	0	1	7	4
27	3	12	0	0	0	8	0	0	0	14	27	3
28	0	0	0	0	5	25	0	0	0	55	0	2
29	5	0	0	3	2	20	0	6	0	14	0	0
30	12	0	0	0	0	2	5	1	0	1	22	0
31	12	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	24
Total	406	385	98	263	21	284	14	22	195	128	623	372
Hari Hujan	27	22	7	15	5	15	4	9	14	9	26	21
Rerata	15	17	14	18	4	19	4	2	14	14	24	18
Maksimum	85	74	39	75	9	72	8	6	49	55	86	91
Total hujan tgl 1-15	258	261	98	201	9	56	2	14	84	0	347	120
Hari hujan tgl 1-15	14	12	7	9	1	4	2	5	7	0	14	10
Total hujan tgl 16-31	148	124	0	63	12	229	13	8	111	128	276	253
Hari hujan tgl 16-31	13	10	0	6	4	11	2	4	7	9	12	11

Lampiran 11 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Januari 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	2,0	22,0	31,2	220,0	218	92
2	4,0	22,7	32,2	245,0	707	92
3	4,0	22,0	32,0	420,0	957	92
4	1,8	22,7	33,2	390,0	451	92
5	4,2	22,0	32,2	220,0	211	92
6	3,0	22,5	33,5	270,0	292	92
7	4,0	22,5	32,5	305,0	244	92
8	3,0	22,7	33,5	265,0	427	92
9	4,0	22,7	32,0	310,0	662	92
10	3,0	22,0	30,7	160,0	380	92
11	2,0	22,5	31,2	215,0	239	92
12	2,0	22,5	33,0	260,0	349	92
13	4,0	23,0	33,2	250,0	859	92
14	3,0	23,2	31,0	110,0	576	92
15	4,5	24,0	32,2	345,0	774	93
16	3,0	22,2	32,0	110,0	735	92
17	3,0	22,2	34,0	340,0	319	92
18	1,3	23,0	31,5	180,0	287	92
19	3,0	22,5	31,0	160,0	377	92
20	2,0	22,5	31,7	300,0	280	92
21	2,5	22,7	33,0	300,0	296	92
22	2,0	22,5	31,7	300,0	280	92
23	2,0	23,0	31,5	90,0	264	92
24	2,0	22,2	32,2	240,0	219	92
25	1,5	22,5	32,7	205,0	181	92
26	4,0	22,0	33,5	230,0	320	92
27	2,0	21,7	30,5	95,0	293	92
28	1,5	23,0	32,0	335,0	296	92
29	2,0	22,5	30,2	35,0	160	92
30	2,0	22,5	30,2	80,0	304	92
31	2,5	22,5	32,5	315,0	246	92

Lampiran 12 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Februari 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tg l	Penguapan	Temperatur		Lama Penyinaran	Kecepatan Angin	Kelembaban Udara
		Min	Max			
	(mm)	(°C)		(menit)	(m/hari)	(%)
1	2,0	23,2	34,0	325,0	222	92
2	1,5	23,0	32,0	180,0	234	92
3	2,0	22,5	32,2	120,0	214	92
4	2,0	22,5	32,5	180,0	276	92
5	2,5	23,0	31,7	210,0	253	92
6	2,0	22,2	32,0	285,0	436	92
7	2,5	23,2	33,0	300,0	527	92
8	1,5	23,0	32,0	170,0	238	92
9	1,5	22,7	32,0	125,0	252	92
10	0,5	23,2	28,7	45,0	211	93
11	1,5	23,5	31,5	255,0	300	92
12	2,5	22,2	31,5	228,0	283	92
13	2,0	23,2	31,5	310,0	184	92
14	3,0	22,5	31,5	165,0	167	92
15	0	22,2	33,0	450,0	342	92
16	1,5	23,5	32,5	345,0	280	92
17	3,5	21,7	31,0	120,0	329	92
18	3,5	22,7	33,0	255,0	247	92
19	2,5	22,5	33,0	260,0	325	92
20	1,0	22,5	31,2	110,0	378	92
21	1,5	23,2	33,0	325,0	205	92
22	2,0	22,2	32,0	290,0	206	92
23	0,5	22,2	31,5	85,0	395	92
24	1,5	22,2	30,5	10,0	317	92
25	3,0	23,5	31,5	190,0	695	92
26	4,5	22,2	33,0	280,0	326	92
27	1,5	21,0	33,0	410,0	442	92
28	2,5	22,7	32,2	290,0	585	92

Lampiran 13 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Maret 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	3,0	24,0	34,0	210,0	313	92
2	3,5	22,0	33,2	180,0	297	92
3	1,0	22,5	33,5	360,0	334	92
4	3,0	22,7	32,5	220,0	196	92
5	4,5	22,7	33,5	375,0	330	92
6	3,5	22,5	33,0	280,0	290	92
7	3,5	22,0	33,0	290,0	230	92
8	2,5	22,0	31,7	160,0	198	92
9	1,5	20,7	30,0	25,0	233	92
10	3,0	22,0	31,7	230,0	381	92
11	2,0	22,2	32,0	210,0	256	92
12	2,0	22,7	33,5	280,0	253	92
13	4,0	22,2	31,5	450,0	527	92
14	2,0	22,0	32,5	295,0	287	92
15	4,0	22,5	33,2	300,0	237	92
16	9,0	21,5	34,0	350,0	357	92
17	4,5	22,5	35,0	440,0	368	92
18	1,5	22,2	35,0	380,0	325	92
19	3,0	22,2	32,7	415,0	504	92
20	2,5	23,0	33,2	310,0	427	92
21	1,0	23,7	33,2	450,0	488	92
22	2,5	23,0	32,5	320,0	390	92
23	4,0	23,0	33,2	425,0	452	92
24	2,0	23,7	33,5	390,0	372	92
25	4,0	23,5	34,0	530,0	428	92
26	4,5	24,2	34,0	590,0	509	92
27	4,0	23,0	34,5	390,0	287	92
28	4,0	23,7	34,5	420,0	723	93
29	3,5	23,7	34,2	400,0	335	92
30	4,0	22,5	33,0	240,0	277	92
31	4,5	23,5	33,5	450,0	357	92

Lampiran 14 Data Klimatologi Stasiun Jiwan April 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	1,5	23,0	34,2	205,0	493	92
2	3,0	23,0	32,7	300,0	228	92
3	4,0	23,5	35,2	420,0	379	92
4	4,5	21,2	33,5	280,0	266	92
5	3,5	22,2	34,5	330,0	341	92
6	2,0	23,0	34,5	230,0	362	92
7	1,5	23,5	31,2	60,0	214	92
8	3,5	22,0	32,5	265,0	305	92
9	2,5	22,7	34,2	345,0	270	92
10	2,0	22,0	34,0	450,0	409	92
11	3,0	22,5	33,5	240,0	267	92
12	4,5	23,0	33,7	515,0	534	92
13	3,0	22,7	33,6	360,0	344	92
14	1,0	22,7	34,3	360,0	342	92
15	5,0	22,0	33,5	520,0	359	92
16	1,0	22,5	34,2	525,0	311	92
17	4,0	22,0	34,0	500,0	301	92
18	4,0	22,5	34,2	490,0	239	92
19	3,0	23,0	32,7	300,0	228	92
20	4,0	23,5	35,2	420,0	379	92
21	4,5	21,2	33,5	280,0	266	92
22	3,5	22,2	34,5	330,0	341	92
23	2,0	23,0	34,5	230,0	362	92
24	1,5	23,5	31,2	60,0	214	92
25	3,5	22,0	32,5	265,0	305	92
26	2,5	22,7	34,2	345,0	270	92
27	2,0	22,0	34,0	450,0	409	92
28	3,0	22,5	33,5	240,0	267	92
29	4,5	23,0	33,7	515,0	534	92
30	2,5	23,5	33,7	360,0	267	92

Lampiran 15 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Mei 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	5,0	24,0	34,5	540,0	408	93
2	7,5	22,7	35,2	450,0	345	92
3	4,5	24,2	34,2	428,0	545	93
4	4,0	25,0	35,2	540,0	429	93
5	5,5	23,0	34,5	430,0	246	92
6	4,0	23,7	34,7	510,0	321	92
7	3,5	24,0	34,7	350	266	92
8	2,0	20,5	30,5	45	271	92
9	4,5	22,0	33,5	545	369	92
10	4,0	22,7	34,1	530	324	92
11	3,0	23,5	34,7	430	317	92
12	3,0	22,7	35,5	470	318	93
13	3,5	23,2	34,7	465	237	92
14	4,0	23,5	35,5	495	317	92
15	5,0	23,0	35,2	540	354	92
16	4,0	23,0	34,7	550	389	92
17	0,5	23,5	33,7	525	285	92
18	3,5	22,5	34,0	345	381	92
19	2,0	22,5	34,0	250	286	92
20	2,0	23,2	33,0	300	221	92
21	5,0	23,0	34,0	540	399	92
22	4,0	23,5	34,0	540	385	92
23	4,0	23,5	34,2	375	219	92
24	3,5	22,2	33,5	345	249	92
25	0,5	20,5	32,6	230	189	92
26	4,0	24,5	34,5	550	414	93
27	4,0	23,7	35,2	545	356	92
28	3,0	24,0	32,5	325	176	92
29	3,0	24,0	34,2	410	219	92
30	3,5	23,0	34,0	480	347	92
31	3,0	23,5	33,6	540	265	92

Lampiran 16 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Juni 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	3,5	24,0	34,0	490	247	92
2	3,5	24,0	34,5	510	269	92
3	4,0	24,0	35,0	555	275	92
4	4,0	23,2	35,2	555	334	92
5	3,0	23,7	35,0	540	209	92
6	2,0	23,2	35,0	515	276	92
7	3,0	22,5	34,0	570	462	92
8	4,0	23,0	34,5	550	323	92
9	3,5	23,7	35,2	330	222	92
10	3,0	24,5	34,0	520	223	92
11	3,0	22,7	34,2	420	242	92
12	2,0	22,5	33,0	195	174	92
13	3,0	21,7	34,0	395	171	92
14	3,0	23,0	34,2	310	219	92
15	3,0	22,0	33,2	330	281	92
16	5,0	22,2	34,5	500	402	92
17	1,5	22,0	31,0	135	111	92
18	4,0	22,2	32,7	420	200	92
19	1,0	21,0	32,5	430	265	92
20	3,5	22,0	33,5	480	263	92
21	2,0	22,0	32,5	385	208	92
22	3,5	23,0	33,3	470	274	92
23	0,0	23,2	34,5	445	229	92
24	2,0	22,5	32,0	285	302	92
25	2,0	23,0	32,5	400	177	92
26	4,5	22,0	34,7	500	272	92
27	1,5	23,5	34,0	530	209	92
28	2,5	21,2	32,0	200	182	92
29	3,0	22,2	34,0	450	161	92
30	4,0	22,2	34,2	515	252	92

Lampiran 17 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Juli 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	2,0	22,0	33,7	495	177	92
2	3,0	21,5	33,7	495	161	92
3	2,0	21,0	32,7	305	249	92
4	3,0	21,0	33,7	540	308	92
5	4,0	21,0	33,0	510	570	92
6	4,0	18,5	32,6	545	405	92
7	3,0	20,5	33,0	530	308	92
8	4,5	21,5	34,2	510	248	92
9	3,0	23,0	34,0	430	201	92
10	4,0	23,5	34,0	440	296	92
11	4,5	21,0	34,5	555	467	92
12	3,0	22,2	34,0	555	279	92
13	4,0	23,0	33,5	550	758	92
14	3,5	22,0	31,7	675	499	92
15	5,0	20,2	32,5	550	693	92
16	2,0	19,0	30,0	210	222	91
17	3,5	21,2	33,3	490	316	92
18	5,0	21,5	34,0	510	389	92
19	3,0	23,0	34,2	510	264	93
20	5,0	23,0	35,6	510	263	92
21	5,0	23,5	34,0	555	373	92
22	3,0	23,0	32,0	215	300	92
23	4,5	22,7	34,2	540	627	92
24	4,5	21,0	35,5	555	336	92
25	4,5	18,5	34,0	560	534	91
26	5,0	20,0	35,0	565	312	92
27	4,5	20,7	34,5	555	349	92
28	5,5	21,7	34,0	570	539	92
29	4,5	21,7	34,0	540	480	92
30	5,0	23,5	35,5	525	495	92
31	4,5	23,2	33,5	390	556	92

Lampiran 18 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Agustus 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan	Temperatur		Lama Penyinaran	Kecepatan Angin	Kelembaban Udara
		Min	Max			
	(mm)	(°C)		(menit)	(m/hari)	(%)
1	5,5	23,0	34,0	570	751	92
2	5,5	23,2	33,0	480	708	92
3	4,5	22,5	33,0	400	724	92
4	5,0	22,5	36,0	550	374	92
5	4,0	22,0	34,5	555	361	92
6	5,0	23,0	35,0	570	502	92
7	3,0	23,7	34,5	585	441	92
8	3,0	22,2	35,2	440	304	92
9	5,0	22,5	35,0	525	432	92
10	4,0	21,7	34,5	560	610	92
11	5,0	21,5	35,0	540	607	92
12	4,0	22,7	34,5	455	665	92
13	4,0	22,5	34,6	450	475	92
14	4,0	22,0	34,5	560	347	92
15	5,0	23,0	35,0	620	414	92
16	4,5	21,7	34,2	555	454	92
17	5,0	23,0	35,0	620	576	92
18	5,0	22,7	34,2	470	434	92
19	5,0	22,5	33,0	450	728	92
20	5,0	23,0	33,0	530	636	92
21	3,0	23,0	34,0	490	603	92
22	5,0	22,5	33,8	590	512	92
23	5,0	22,0	34,2	525	492	92
24	5,0	22,0	34,5	630	748	92
25	5,5	21,8	33,5	600	751	92
26	5,5	21,7	34,0	585	679	92
27	5,0	22,5	33,5	615	731	92
28	5,0	22,0	34,2	530	492	92
29	5,0	23,5	35,2	535	701	93
30	4,0	23,2	34,4	465	516	92
31	5,0	23,0	35,0	540	418	92

Lampiran 19 Data Klimatologi Stasiun Jiwan September 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan	Temperatur		Lama Penyinaran	Kecepatan Angin	Kelembaban Udara
		Min	Max			
	(mm)	(°C)		(menit)	(m/hari)	(%)
1	6,0	23,0	35,2	570	683	92
2	5,5	22,5	33,6	575	669	92
3	5,5	22,5	32,2	570	830	92
4	5,5	23,5	34,0	590	842	92
5	5,0	22,7	34,0	310	536	92
6	5,0	23,5	36,0	565	407	92
7	7,0	24,0	36,5	540	744	92
8	7,5	22,0	35,7	600	925	92
9	6,5	23,0	35,5	585	719	92
10	6,0	24,0	36,5	480	793	93
11	4,0	24,5	34,0	345	565	92
12	5,0	23,0	34,5	240	344	92
13	3,5	24,0	33,0	300	339	93
14	3,5	22,5	34,5	340	437	92
15	3,0	22,7	35,0	585	421	92
16	3,0	22,0	34,5	460	386	92
17	5,0	22,5	35,5	595	513	92
18	5,0	23,5	35,5	540	629	92
19	3,5	23,0	35,0	445	651	93
20	7,0	23,0	35,0	540	634	92
21	3,0	23,0	34,5	315	348	92
22	2,0	22,7	35,2	480	400	92
23	4,5	22,5	35,0	460	324	92
24	5,0	23,0	35,0	490	362	92
25	4,0	24,0	34,7	465	361	92
26	3,5	23,5	35,5	250	331	92
27	5,0	23,5	35,0	545	500	92
28	5,5	22,0	34,0	575	613	92
29	6,0	22,5	35,0	555	604	92
30	6,0	23,5	36,0	530	600	93

Lampiran 20 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Oktober 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	5,0	22,7	34,2	550	677	92
2	6,0	23,0	35,0	550	574	92
3	6,0	23,5	34,5	550	722	93
4	5,0	22,5	34,5	515	702	93
5	6,0	23,5	35,0	520	732	92
6	7,0	22,0	33,0	430	745	92
7	6,0	23,0	35,0	585	784	93
8	6,0	23,0	35,0	570	814	93
9	6,0	23,5	36,0	545	748	92
10	6,5	24,0	36,2	570	736	93
11	6,5	23,0	36,0	575	914	93
12	6,5	23,0	36,5	575	781	93
13	6,5	24,0	35,5	540	695	93
14	5,5	23,5	35,5	450	488	93
15	6,0	25,0	36,5	545	607	93
16	6,0	24,5	36,0	550	603	93
17	6,0	23,0	37,0	450	371	93
18	4,0	23,0	35,5	425	442	92
19	6,0	25,0	35,5	480	576	93
20	5,0	24,5	36,5	510	524	93
21	3,0	24,5	37,0	525	454	93
22	1,0	23,0	35,5	405	453	92
23	2,0	24,5	34,5	300	466	93
24	5,0	24,0	35,5	510	548	93
25	6,0	24,0	35,5	555	554	93
26	4,5	23,5	35,0	390	381	92
27	1,5	23,5	33,0	270	198	92
28	4,0	24,0	35,0	465	261	93
29	3,0	25,0	35,0	290	482	93
30	5,0	24,0	33,5	280	323	93
31	3,0	23,5	35,5	285	285	92

Lampiran 21 Data Klimatologi Stasiun Jiwan November 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
		(°C)				
1	2	23	33	300	171	92
2	2	23	34	350	235	92
3	3	24	36	530	329	93
4	5	23	36	450	276	92
5	4	23	34	470	328	92
6	2	24	35	570	337	92
7	4	24	35	240	285	93
8	4	25	35	255	263	93
9	5	24	35	310	309	92
10	3	24	32	225	590	92
11	1	23	30	30	451	92
12	2	24	33	50	420	93
13	1	25	34	425	254	92
14	1	23	33	130	342	92
15	3	23	33	285	240	92
16	2	23	33	140	194	92
17	8	23	35	420	362	92
18	4	23	35	505	329	92
19	2	24	35	500	325	92
20	2	23	33	60	173	92
21	2	25	34	165	267	93
22	5	23	35	340	372	92
23	2	24	32	105	363	92
24	2	24	33	205	233	93
25	5	24	34	500	492	93
26	2	24	34	248	482	92
27	4	23	33	225	480	92
28	3	23	30	40	356	93
29	4	23	34	515	333	92
30	5	23	35	420	216	92

Lampiran 22 Data Klimatologi Stasiun Jiwan Desember 2021

Tahun data : 2021
 Nama Pos : Jiwan
 Lokasi Pos : Desa Kwangsen, Kec. Jiwan, Kab. Madiun, Prop Jawa Timur
 Data Geografis : 552986,32 E
 : 9157505,47 S
 Tahun Pendirian : 1976

Tgl	Penguapan (mm)	Temperatur (°C)		Lama Penyinaran (menit)	Kecepatan Angin (m/hari)	Kelembaban Udara (%)
		Min	Max			
1	2,5	22,5	33,0	180	335	93
2	5,0	24,0	34,5	525	478	93
3	1,5	24,0	30,5	0	301	92
4	2,5	23,0	33,0	60	347	92
5	1,0	23,0	30,5	30	265	92
6	2,0	23,0	31,0	45	282	92
7	0,5	23,5	33,5	190	219	92
8	8,0	21,0	34,5	375	254	92
9	6,5	22,5	35,5	465	240	92
10	6,5	22,5	34,5	350	275	92
11	5,0	24,0	34,5	490	498	92
12	5,0	24,0	34,0	630	563	93
13	5,0	23,5	33,5	590	474	93
14	4,0	24,0	34,0	540	454	93
15	0,5	24,0	33,0	410	379	93
16	5,5	23,0	34,0	150	251	92
17	3,5	24,0	35,0	550	222	92
18	1,0	23,5	34,0	375	344	92
19	4,5	23,0	35,0	345	315	92
20	0,5	23,5	33,5	210	195	93
21	1,5	22,0	30,5	80	288	92
22	4,0	24,0	34,5	480	292	92
23	4,0	21,0	34,5	280	261	92
24	2,5	23,0	34,5	320	354	92
25	5,0	23,0	34,0	375	326	92
26	5,0	24,5	35,0	510	426	92
27	5,5	22,0	34,0	350	361	92
28	0,0	22,5	34,5	400	250	92
29	2,5	23,0	33,0	180	249	92
30	4,0	23,0	33,0	225	221	92
31	3,0	23,0	32,5	230	183	92

Lampiran 23 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2012

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	241,00	172,00	39,00	308,00	91,00	59,00	276,00	32,00	150,00	91,00	3,00	0,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	12,00	10,00	7,00	11,00	13,00	7,00	13,00	4,00	8,00	3,00	2,00	0,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	7,06	8,21	11,27	7,53	4,65	12,19	4,25	11,95	8,48	12,26	12,40	13,17
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	60,22	50,45	47,29	53,92	48,49	51,13	44,31	36,83	39,99	34,44	31,88	28,63
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	180,78	121,55	-8,29	254,08	42,51	7,87	231,69	-4,83	110,01	56,56	-28,88	-28,63
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	365,00	365,00	356,71	365,00	365,00	365,00	365,00	360,17	365,00	365,00	336,12	307,49
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	180,78	121,55	0,00	245,80	42,51	7,87	231,69	0,00	105,18	56,56	0,00	0,00
Infiltrasi (I)	mm/15hari	92,68	62,32	0,00	126,02	21,79	4,03	118,78	0,00	53,92	29,00	0,00	0,00
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	202,54	243,43	221,12	321,09	312,46	287,67	374,64	340,30	360,56	355,18	322,63	293,06
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	15,76	21,42	22,31	26,04	30,43	28,82	31,81	34,34	33,66	34,38	32,56	29,57
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	88,10	59,23	0,00	119,78	20,71	3,83	112,91	0,00	51,26	27,56	0,00	0,00
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	103,86	80,65	22,31	145,82	51,14	32,66	144,72	34,34	84,92	61,94	32,56	29,57
Qcal.	m ³ /s	10,41	7,58	2,24	16,87	5,13	3,07	14,51	3,44	8,51	5,82	3,26	2,96
Vol.Qcal.	MCM	13,50	10,48	2,90	18,95	6,65	4,24	18,80	4,46	11,03	8,05	4,23	3,84

Lampiran 24 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2012

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	241,00	172,00	39,00	308,00	91,00	59,00	276,00	32,00	150,00	91,00	3,00	0,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	12,00	10,00	7,00	11,00	13,00	7,00	13,00	4,00	8,00	3,00	2,00	0,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	7,06	8,21	11,27	7,53	4,65	12,19	4,25	11,95	8,48	12,26	12,40	13,17
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	60,22	50,45	47,29	53,92	48,49	51,13	44,31	36,83	39,99	34,44	31,88	28,63
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	180,78	121,55	-8,29	254,08	42,51	7,87	231,69	-4,83	110,01	56,56	-28,88	-28,63
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	365,00	365,00	356,71	365,00	365,00	365,00	365,00	360,17	365,00	365,00	336,12	307,49
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	180,78	121,55	0,00	245,80	42,51	7,87	231,69	0,00	105,18	56,56	0,00	0,00
Infiltrasi (I)	mm/15hari	92,68	62,32	0,00	126,02	21,79	4,03	118,78	0,00	53,92	29,00	0,00	0,00
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	202,54	243,43	221,12	321,09	312,46	287,67	374,64	340,30	360,56	355,18	322,63	293,06
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	15,76	21,42	22,31	26,04	30,43	28,82	31,81	34,34	33,66	34,38	32,56	29,57
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	88,10	59,23	0,00	119,78	20,71	3,83	112,91	0,00	51,26	27,56	0,00	0,00
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	103,86	80,65	22,31	145,82	51,14	32,66	144,72	34,34	84,92	61,94	32,56	29,57
Qcal.	m ³ /s	10,41	7,58	2,24	16,87	5,13	3,07	14,51	3,44	8,51	5,82	3,26	2,96
Vol.Qcal.	MCM	13,50	10,48	2,90	18,95	6,65	4,24	18,80	4,46	11,03	8,05	4,23	3,84

Lampiran 25 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2013

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	191,00	149,00	278,00	212,00	47,00	147,00	260,00	139,00	9,00	114,00	52,00	68,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	13,00	13,00	11,00	7,00	10,00	11,00	11,00	8,00	3,00	13,00	6,00	5,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	5,89	5,13	7,17	11,83	7,44	7,76	5,95	8,54	12,72	4,09	9,30	9,51
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	61,40	53,53	51,39	49,61	45,70	55,57	42,61	40,25	35,75	42,61	34,98	32,29
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	129,60	95,47	226,61	162,39	1,30	91,43	217,39	98,75	-26,75	71,39	17,02	35,71
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	338,25	365,00	365,00	365,00
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	129,60	95,47	226,61	162,39	1,30	91,43	217,39	98,75	0,00	44,64	17,02	35,71
Infiltrasi (I)	mm/15hari	66,45	48,94	116,18	83,25	0,67	46,88	111,45	50,63	0,00	22,89	8,72	18,31
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	178,35	208,70	300,43	352,33	320,67	336,01	411,55	422,14	383,45	370,14	344,54	330,43
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	14,64	18,59	24,45	31,35	32,32	31,54	35,91	40,04	38,69	36,19	34,33	32,42
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	63,16	46,52	110,43	79,13	0,63	44,56	105,94	48,12	0,00	21,76	8,29	17,40
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	77,80	65,11	134,88	110,49	32,96	76,10	141,84	88,17	38,69	57,95	42,62	49,82
Qcal.	m ³ /s	7,80	6,12	13,52	12,78	3,30	7,15	14,22	8,84	3,88	5,45	4,27	5,00
Vol.Qcal.	MCM	10,11	8,46	17,53	14,36	4,28	9,89	18,43	11,46	5,03	7,53	5,54	6,47

Lampiran 26 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2013

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	34,00	17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,00	103,00	188,00	183,00	191,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	7,00	9,00	9,00	11,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	10,29	15,52	20,10	21,02	24,33	23,11	27,20	17,87	12,44	10,07	10,35	7,81
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	38,72	33,75	43,71	45,71	52,91	50,25	59,15	55,07	52,17	53,87	55,37	55,96
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	-4,72	-16,75	-43,71	-45,71	-52,91	-50,25	-59,15	17,93	50,83	134,13	127,63	135,04
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	360,28	343,53	299,82	254,11	201,20	150,95	91,80	109,74	160,57	294,70	365,00	365,00
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,33	135,04
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,39	69,23
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	300,14	272,63	247,64	224,95	204,33	185,60	168,59	153,14	139,10	126,35	142,81	195,78
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	30,29	27,51	24,99	22,70	20,62	18,73	17,01	15,45	14,04	12,75	12,93	16,26
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,94	65,81
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	30,29	27,51	24,99	22,70	20,62	18,73	17,01	15,45	14,04	12,75	40,87	82,07
Qcal.	m ³ /s	3,04	2,59	2,51	2,13	2,07	1,88	1,71	1,45	1,41	1,28	4,10	7,71
Vol.Qcal.	MCM	3,94	3,57	3,25	2,95	2,68	2,43	2,21	2,01	1,82	1,66	5,31	10,66

Lampiran 27 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2014

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	104,00	63,00	25,00	137,00	44,00	123,00	125,00	120,00	105,00	3,00	2,00	232,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	11,00	9,00	4,00	9,00	7,00	8,00	10,00	7,00	6,00	2,00	1,00	6,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	8,24	9,24	14,35	9,68	10,23	11,08	6,80	9,39	10,18	13,08	13,17	8,78
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	59,04	49,43	44,21	51,76	42,91	52,24	41,76	39,39	38,29	33,62	31,11	33,02
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	44,96	13,57	-19,21	85,24	1,09	70,76	83,24	80,61	66,71	-30,62	-29,11	198,98
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	365,00	365,00	345,79	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	334,38	305,27	365,00
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	44,96	13,57	0,00	66,02	1,09	70,76	83,24	80,61	66,71	0,00	0,00	139,25
Infiltrasi (I)	mm/15hari	23,05	6,96	0,00	33,85	0,56	36,28	42,68	41,33	34,20	0,00	0,00	71,39
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	199,83	188,15	170,91	187,54	170,88	189,83	213,16	233,05	244,32	221,93	201,59	251,23
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	19,00	18,63	17,25	17,22	17,22	17,33	19,36	21,43	22,93	22,39	20,34	21,75
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	21,91	6,61	0,00	32,17	0,53	34,48	40,56	39,28	32,51	0,00	0,00	67,86
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	40,91	25,25	17,25	49,39	17,75	51,81	59,92	60,71	55,44	22,39	20,34	89,61
Qcal.	m ³ /s	4,10	2,37	1,73	5,71	1,78	4,87	6,01	6,09	5,56	2,10	2,04	8,98
Vol.Qcal.	MCM	5,32	3,28	2,24	6,42	2,31	6,73	7,79	7,89	7,20	2,91	2,64	11,64

Lampiran 28 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2014

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	18,00	28,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,00	266,00	111,00	208,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	13,00	10,00	12,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	13,72	15,52	20,10	21,02	24,33	23,11	27,20	22,98	14,70	5,59	9,20	6,70
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	35,29	33,75	43,71	45,71	52,91	50,25	59,15	49,96	49,91	58,35	56,52	57,08
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	-17,29	-5,75	-43,71	-45,71	-52,91	-50,25	-59,15	-49,96	8,09	207,65	54,48	150,92
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	347,71	341,96	298,25	252,54	199,63	149,38	90,23	40,27	48,36	256,02	310,50	365,00
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96,42
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,43
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	228,20	207,29	188,29	171,03	155,35	141,11	128,18	116,43	105,76	96,07	87,26	126,43
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	23,03	20,92	19,00	17,26	15,68	14,24	12,93	11,75	10,67	9,69	8,81	10,26
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,99
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	23,03	20,92	19,00	17,26	15,68	14,24	12,93	11,75	10,67	9,69	8,81	57,25
Qcal.	m ³ /s	2,31	1,97	1,90	1,62	1,57	1,43	1,30	1,10	1,07	0,97	0,88	5,38
Vol.Qcal.	MCM	2,99	2,72	2,47	2,24	2,04	1,85	1,68	1,53	1,39	1,26	1,14	7,44

Lampiran 29 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2015

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Jumlah hari hujan (n)	hari	90,00	79,00	303,00	48,00	73,00	286,00	170,00	273,00	75,00	3,00	30,00	0,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	6,00	11,00	15,00	5,00	8,00	15,00	9,00	10,00	7,00	2,00	4,00	0,00
<i>Exposed surface</i> (m)	%	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
Evaporasi (E)	mm/15hari	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	14,13	7,19	3,07	13,98	9,30	3,32	7,65	6,83	9,33	13,08	10,85	13,17
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	53,15	51,48	55,49	47,46	43,84	60,00	40,91	41,96	39,14	33,62	33,43	28,63
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	36,85	27,52	247,51	0,54	29,16	226,00	129,09	231,04	35,86	-30,62	-3,43	-28,63
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	36,85	27,52	247,51	0,54	29,16	226,00	129,09	231,04	35,86	0,00	0,00	0,00
Infiltrasi (I)	mm/15hari	18,89	14,11	126,90	0,27	14,95	115,87	66,18	118,45	18,39	0,00	0,00	0,00
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	132,87	134,15	242,94	220,93	214,94	305,80	340,92	422,70	401,50	364,70	331,27	300,91
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	12,45	12,82	18,11	22,28	20,94	25,01	31,06	36,68	39,59	36,80	33,43	30,36
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	17,96	13,41	120,62	0,26	14,21	110,13	62,91	112,59	17,48	0,00	0,00	0,00
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	30,41	26,24	138,73	22,54	35,14	135,15	93,97	149,27	57,06	36,80	33,43	30,36
Qcal.	m ³ /s	3,05	2,47	13,91	2,61	3,52	12,70	9,42	14,97	5,72	3,46	3,35	3,04
Vol.Qcal.	MCM	3,95	3,41	18,03	2,93	4,57	17,56	12,21	19,40	7,41	4,78	4,34	3,95

Lampiran 30 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2015

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	150,00	253,00	133,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	8,00	10,00	11,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	15,44	15,52	20,10	21,02	24,33	23,11	27,20	22,98	13,57	11,19	9,20	7,81
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	33,57	33,75	43,71	45,71	52,91	50,25	59,15	49,96	51,04	52,75	56,52	55,96
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	-33,57	-33,75	-43,71	-45,71	-52,91	-50,25	-59,15	-49,96	48,96	97,25	196,48	77,04
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	268,75	234,99	191,28	145,57	92,66	42,41	0,00	0,00	48,96	146,21	342,69	365,00
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,73
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,06
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	273,33	248,27	225,52	204,85	186,07	169,02	153,52	139,45	126,67	115,06	104,51	121,71
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	27,58	25,05	22,76	20,67	18,78	17,05	15,49	14,07	12,78	11,61	10,55	10,87
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,67
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	27,58	25,05	22,76	20,67	18,78	17,05	15,49	14,07	12,78	11,61	10,55	37,54
Qcal.	m ³ /s	2,77	2,35	2,28	1,94	1,88	1,71	1,55	1,32	1,28	1,16	1,06	3,53
Vol.Qcal.	MCM	3,58	3,26	2,96	2,69	2,44	2,22	2,01	1,83	1,66	1,51	1,37	4,88

Lampiran 31 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2016

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	178,00	139,00	223,00	154,00	264,00	223,00	234,00	55,00	195,00	99,00	143,00	153,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	8,00	8,00	11,00	9,00	9,00	14,00	13,00	9,00	10,00	7,00	7,00	7,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	11,77	10,27	7,17	9,68	8,37	4,43	4,25	7,68	6,79	8,99	8,52	8,05
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	55,51	48,40	51,39	51,76	44,77	58,89	44,31	41,10	41,68	37,71	35,76	33,75
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	122,49	90,60	171,61	102,24	219,23	164,11	189,69	13,90	153,32	61,29	107,24	119,25
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	122,49	90,60	171,61	102,24	219,23	164,11	189,69	13,90	153,32	61,29	107,24	119,25
Infiltrasi (I)	mm/15hari	62,80	46,45	87,98	52,41	112,39	84,14	97,25	7,13	78,60	31,42	54,98	61,14
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	170,47	199,17	264,86	290,60	371,21	417,46	472,00	435,53	470,61	457,46	467,99	483,43
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	14,03	17,75	22,29	26,68	31,79	37,88	42,72	43,59	43,52	44,58	44,45	45,70
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	59,69	44,15	83,63	49,82	106,83	79,97	92,44	6,77	74,71	29,87	52,26	58,11
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	73,73	61,90	105,92	76,50	138,62	117,85	135,16	50,36	118,24	74,44	96,71	103,81
Qcal.	m ³ /s	7,39	5,82	10,62	8,85	13,90	11,08	13,55	5,05	11,85	7,00	9,70	10,41
Vol.Qcal.	MCM	9,58	8,04	13,76	9,94	18,01	15,31	17,56	6,54	15,36	9,67	12,57	13,49

Lampiran 32 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2016

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	61,00	57,00	219,00	29,00	34,00	159,00	292,00	142,00	205,00	423,00	133,00	25,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	4,00	3,00	7,00	3,00	6,00	10,00	11,00	10,00	12,00	14,00	9,00	7,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	12,01	12,93	12,28	17,52	16,22	10,27	10,58	10,21	6,78	4,48	10,35	12,28
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	37,00	36,34	51,53	49,22	61,02	63,09	75,77	62,73	57,82	59,46	55,37	51,50
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	24,00	20,66	167,47	-20,22	-27,02	95,91	216,23	79,27	147,18	363,54	77,63	-26,50
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	365,00	365,00	365,00	344,78	317,77	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	365,00	338,50
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	24,00	20,66	167,47	0,00	0,00	48,67	216,23	79,27	147,18	363,54	77,63	0,00
Infiltrasi (I)	mm/15hari	12,30	10,59	85,86	0,00	0,00	24,95	110,86	40,64	75,46	186,38	39,80	0,00
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	450,86	419,65	463,11	420,66	382,10	370,89	442,67	440,88	472,47	607,00	589,34	535,32
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	44,87	41,81	42,40	42,45	38,56	36,17	39,08	42,44	43,87	51,85	57,46	54,02
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	11,70	10,07	81,61	0,00	0,00	23,72	105,37	38,63	71,72	177,16	37,83	0,00
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	56,57	51,88	124,01	42,45	38,56	59,89	144,45	81,07	115,59	229,00	95,29	54,02
Qcal.	m ³ /s	5,67	4,88	12,43	3,99	3,87	6,00	14,48	7,62	11,59	22,96	9,55	5,08
Vol.Qcal.	MCM	7,35	6,74	16,11	5,52	5,01	7,78	18,77	10,53	15,02	29,76	12,38	7,02

Lampiran 33 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2017

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	166,00	88,00	123,00	226,00	87,00	143,00	61,00	279,00	76,00	28,00	27,00	3,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	7,00	14,00	9,00	7,00	9,00	8,00	7,00	12,00	8,00	4,00	5,00	3,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	12,95	4,11	9,22	11,83	8,37	11,08	9,35	5,12	8,48	11,44	10,07	10,97
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	54,33	54,56	49,34	49,61	44,77	52,24	39,21	43,66	39,99	35,26	34,21	30,82
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	111,67	33,44	73,66	176,39	42,23	90,76	21,79	235,34	36,01	-7,26	-7,21	-27,82
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	331,24	324,04	296,21
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	111,67	33,44	73,66	176,39	42,23	90,76	21,79	235,34	36,01	0,00	0,00	0,00
Infiltrasi (I)	mm/15hari	57,25	17,14	37,76	90,43	21,65	46,53	11,17	120,65	18,46	0,00	0,00	0,00
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	540,88	507,67	497,17	537,89	509,24	506,96	471,16	543,09	510,93	464,10	421,56	382,92
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	51,69	50,36	48,26	49,71	50,29	48,81	46,98	48,71	50,63	46,83	42,54	38,64
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	54,42	16,30	35,90	85,96	20,58	44,23	10,62	114,68	17,55	0,00	0,00	0,00
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	106,11	66,66	84,16	135,67	70,87	93,04	57,60	163,40	68,18	46,83	42,54	38,64
Qcal.	m ³ /s	10,64	6,27	8,44	15,70	7,11	8,75	5,77	16,38	6,84	4,40	4,27	3,87
Vol.Qcal.	MCM	13,79	8,66	10,94	17,63	9,21	12,09	7,48	21,23	8,86	6,09	5,53	5,02

Lampiran 34 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2017

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	4,00	23,00	12,00	0,00	1,00	9,00	70,00	39,00	152,00	222,00	85,00	88,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	1,00	0,00	3,00	0,00	1,00	2,00	5,00	6,00	9,00	11,00	10,00	11,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	14,58	15,52	16,75	21,02	22,98	20,54	19,64	15,32	10,18	7,83	9,20	7,81
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	34,43	33,75	47,06	45,71	54,26	52,82	66,70	57,62	54,43	56,11	56,52	55,96
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	-30,43	-10,75	-35,06	-45,71	-53,26	-43,82	3,30	-18,62	97,57	165,89	28,48	32,04
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	265,79	255,03	219,97	174,26	121,00	77,18	80,48	61,86	159,43	325,32	338,50	338,50
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,30	32,04
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,85	16,43
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	347,83	315,95	286,99	260,68	236,79	215,08	195,37	177,46	161,20	146,42	140,49	143,28
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	35,10	31,88	28,96	26,30	23,89	21,70	19,71	17,91	16,27	14,78	13,78	13,63
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,46	15,61
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	35,10	31,88	28,96	26,30	23,89	21,70	19,71	17,91	16,27	14,78	21,24	29,24
Qcal.	m ³ /s	3,52	3,00	2,90	2,47	2,40	2,18	1,98	1,68	1,63	1,48	2,13	2,75
Vol.Qcal.	MCM	4,56	4,14	3,76	3,42	3,10	2,82	2,56	2,33	2,11	1,92	2,76	3,80

Lampiran 35 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2018

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	301,00	265,00	212,00	133,00	243,00	79,00	157,00	80,00	19,00	62,00	19,00	62,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	14,00	16,00	13,00	9,00	9,00	8,00	7,00	8,00	1,00	5,00	1,00	5,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	4,71	2,05	5,12	9,68	8,37	11,08	9,35	8,54	14,42	10,62	13,17	9,51
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	62,57	56,61	53,44	51,76	44,77	52,24	39,21	40,25	34,05	36,07	31,11	32,29
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	238,43	208,39	158,56	81,24	198,23	26,76	117,79	39,75	-15,05	25,93	-12,11	29,71
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	323,45	338,50	326,39	338,50
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	238,43	208,39	158,56	81,24	198,23	26,76	117,79	39,75	0,00	10,88	0,00	17,61
Infiltrasi (I)	mm/15hari	122,24	106,84	81,29	41,65	101,63	13,72	60,39	20,38	0,00	5,58	0,00	9,03
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	246,79	326,11	373,78	379,26	441,47	414,10	433,76	413,45	375,56	346,45	314,70	294,47
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	18,74	27,52	33,62	36,17	39,42	41,09	40,72	40,69	37,90	34,68	31,76	29,26
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	116,19	101,55	77,27	39,59	96,60	13,04	57,40	19,37	0,00	5,30	0,00	8,58
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	134,92	129,07	110,89	75,76	136,02	54,13	98,12	60,06	37,90	39,98	31,76	37,84
Qcal.	m ³ /s	13,53	12,13	11,12	8,76	13,64	5,09	9,84	6,02	3,80	3,76	3,18	3,79
Vol.Qcal.	MCM	17,53	16,77	14,41	9,84	17,67	7,03	12,75	7,80	4,92	5,19	4,13	4,92

Lampiran 36 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2018

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00	0,00	2,00	186,00	163,00	174,00	81,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	9,00	5,00	10,00	8,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	14,58	15,52	20,10	21,02	24,33	20,54	27,20	21,70	10,18	14,55	9,20	11,16
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	34,43	33,75	43,71	45,71	52,91	52,82	59,15	51,24	54,43	49,39	56,52	52,61
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	-33,43	-33,75	-43,71	-45,71	-52,91	-30,82	-59,15	-49,24	131,57	113,61	117,48	28,39
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	305,07	271,32	227,61	181,90	128,99	98,17	39,02	0,00	131,57	245,18	338,50	338,50
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,16	28,39
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,39	14,55
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	267,48	242,96	220,69	200,46	182,09	165,40	150,24	136,47	123,96	112,60	114,09	117,52
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	26,99	24,52	22,27	20,23	18,37	16,69	15,16	13,77	12,51	11,36	10,89	11,12
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,77	13,83
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	26,99	24,52	22,27	20,23	18,37	16,69	15,16	13,77	12,51	11,36	22,66	24,96
Qcal.	m ³ /s	2,71	2,30	2,23	1,90	1,84	1,67	1,52	1,29	1,25	1,14	2,27	2,35
Vol.Qcal.	MCM	3,51	3,19	2,89	2,63	2,39	2,17	1,97	1,79	1,63	1,48	2,94	3,24

Lampiran 37 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2019

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	173,00	140,00	67,00	229,00	315,00	183,00	99,00	148,00	6,00	0,00	7,00	0,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	12,00	12,00	8,00	13,00	12,00	9,00	6,00	10,00	2,00	0,00	2,00	0,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	7,06	6,16	10,25	5,38	5,58	9,97	10,20	6,83	13,57	14,71	12,40	13,17
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	60,22	52,51	48,31	56,07	47,56	53,35	38,36	41,96	34,90	31,99	31,88	28,63
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	112,78	87,49	18,69	172,93	267,44	129,65	60,64	106,04	-28,90	-31,99	-24,88	-28,63
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	338,50	309,60	277,62	252,73	224,10
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	112,78	87,49	18,69	172,93	267,44	129,65	60,64	106,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Infiltrasi (I)	mm/15hari	57,82	44,86	9,58	88,66	137,11	66,47	31,09	54,37	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	161,92	189,88	181,62	249,57	357,52	388,18	382,26	399,10	362,52	329,29	299,11	271,69
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	13,42	16,90	17,84	20,71	29,16	35,82	37,00	37,53	36,58	33,23	30,18	27,42
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	54,96	42,64	9,11	84,27	130,33	63,18	29,55	51,68	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	68,38	59,53	26,95	104,98	159,49	99,00	66,55	89,21	36,58	33,23	30,18	27,42
Qcal.	m ³ /s	6,86	5,60	2,70	12,15	15,99	9,31	6,67	8,94	3,67	3,12	3,03	2,75
Vol.Qcal.	MCM	8,89	7,74	3,50	13,64	20,72	12,86	8,65	11,59	4,75	4,32	3,92	3,56

Lampiran 38 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2019

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	2,00	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,00	36,00	112,00	120,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	9,00	10,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	14,58	15,52	20,10	21,02	24,33	23,11	27,20	22,98	16,96	16,78	10,35	8,93
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	34,43	33,75	43,71	45,71	52,91	50,25	59,15	49,96	47,65	47,16	55,37	54,85
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	-32,43	-17,75	-43,71	-45,71	-52,91	-50,25	-59,15	-49,96	-12,65	-11,16	56,63	65,15
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	191,68	173,92	130,22	84,50	31,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,63	121,79
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	246,79	224,17	203,62	184,96	168,01	152,61	138,62	125,91	114,37	103,89	94,37	85,72
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	24,90	22,62	20,55	18,66	16,95	15,40	13,99	12,71	11,54	10,48	9,52	8,65
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	24,90	22,62	20,55	18,66	16,95	15,40	13,99	12,71	11,54	10,48	9,52	8,65
Qcal.	m ³ /s	2,50	2,13	2,06	1,75	1,70	1,54	1,40	1,19	1,16	1,05	0,95	0,81
Vol.Qcal.	MCM	3,24	2,94	2,67	2,43	2,20	2,00	1,82	1,65	1,50	1,36	1,24	1,12

Lampiran 39 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2020

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	266,00	116,00	233,00	206,00	131,00	295,00	91,00	94,00	76,00	284,00	8,00	58,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	12,00	9,00	10,00	12,00	9,00	13,00	9,00	7,00	8,00	10,00	2,00	4,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	7,06	9,24	8,20	6,45	8,37	5,54	7,65	9,39	8,48	6,54	12,40	10,24
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	60,22	49,43	50,36	54,99	44,77	57,78	40,91	39,39	39,99	40,16	31,88	31,56
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	205,78	66,57	182,64	151,01	86,23	237,22	50,09	54,61	36,01	243,84	-23,88	26,44
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	121,79	121,79	121,79	121,79	121,79	121,79	121,79	121,79	121,79	121,79	97,90	121,79
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	205,78	66,57	182,64	151,01	86,23	237,22	50,09	54,61	36,01	243,84	0,00	2,56
Infiltrasi (I)	mm/15hari	105,50	34,13	93,63	77,42	44,21	121,62	25,68	28,00	18,46	125,01	0,00	1,31
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	178,53	194,73	266,23	315,70	328,94	414,84	401,32	391,25	373,00	458,10	416,11	379,22
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	12,69	17,93	22,14	27,95	30,96	35,72	39,20	38,07	36,71	39,92	41,99	38,20
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	100,28	32,44	89,00	73,59	42,02	115,60	24,41	26,61	17,55	118,83	0,00	1,25
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	112,97	50,37	111,14	101,54	72,98	151,32	63,61	64,68	54,26	158,74	41,99	39,45
Qcal.	m ³ /s	11,33	4,73	11,14	11,75	7,32	14,22	6,38	6,48	5,44	14,92	4,21	3,96
Vol.Qcal.	MCM	14,68	6,55	14,44	13,19	9,48	19,66	8,27	8,40	7,05	20,63	5,46	5,13

Lampiran 40 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2020

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	20,00	8,00	5,00	0,00	14,00	35,00	138,00	223,00	281,00	164,00	217,00	122,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	4,00	0,00	1,00	0,00	3,00	4,00	8,00	7,00	7,00	12,00	12,00	10,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
Exposed surface (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	12,01	15,52	18,98	21,02	20,27	17,97	15,11	14,04	12,44	6,71	6,90	8,93
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	37,00	33,75	44,83	45,71	56,96	55,39	71,23	58,90	52,17	57,23	58,82	54,85
Excess Rainfall (ER)	mm/15hari	-17,00	-25,75	-39,83	-45,71	-42,96	-20,39	66,77	164,10	228,83	106,77	158,18	67,15
Soil Moisture Storage (SMS)	mm/15hari	104,78	79,03	39,21	0,00	0,00	0,00	66,77	121,79	121,79	121,79	121,79	121,79
Water Surplus (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	109,09	228,83	106,77	158,18	67,15
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,93	117,32	54,74	81,10	34,43
Groundwater Storage (GWS)	mm/15hari	344,46	312,89	284,21	258,16	234,50	213,01	193,48	229,11	320,05	342,95	388,90	386,10
Base Flow (BSF)	mm/15hari	34,76	31,57	28,68	26,05	23,66	21,49	19,52	20,30	26,38	31,84	35,15	37,22
Direct Runoff (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,16	111,51	52,03	77,08	32,72
Total Runoff (TRO)	mm/15hari	34,76	31,57	28,68	26,05	23,66	21,49	19,52	73,46	137,89	83,88	112,23	69,95
Qcal.	m ³ /s	3,48	2,97	2,88	2,45	2,37	2,16	1,96	6,90	13,83	8,41	11,25	6,57
Vol.Qcal.	MCM	4,52	4,10	3,73	3,38	3,07	2,79	2,54	9,54	17,92	10,90	14,58	9,09

Lampiran 41 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Januari – Juni Tahun 2021

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jan	2-Jan	1-Feb	2-Feb	1-Mar	2-Mar	1-Apr	2-Apr	1-Mei	2-Mei	1-Jun	2-Jun
Jumlah Hari	hari	15	16	15	13	15	16	15	15	15	16	15	15
Curah Hujan (P)	mm/15hari	263,00	150,00	264,00	126,00	99,00	0,00	203,00	64,00	9,00	13,00	57,00	232,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	14,00	13,00	12,00	10,00	7,00	0,00	9,00	6,00	1,00	4,00	4,00	11,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	67,28	58,67	58,56	61,44	53,14	63,32	48,56	48,79	48,47	46,70	44,28	41,80
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	4,71	5,13	6,15	8,60	10,23	19,95	7,65	10,24	14,42	11,44	10,85	5,12
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	62,57	53,53	52,41	52,84	42,91	43,38	40,91	38,54	34,05	35,26	33,43	36,68
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	200,43	96,47	211,59	73,16	56,09	-43,38	162,09	25,46	-25,05	-22,26	23,57	195,32
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	121,79	121,79	121,79	121,79	121,79	78,41	121,79	121,79	96,74	74,48	98,05	121,79
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	200,43	96,47	211,59	73,16	56,09	0,00	118,71	25,46	0,00	0,00	0,00	171,59
Infiltrasi (I)	mm/15hari	102,76	49,46	108,48	37,51	28,76	0,00	60,86	13,05	0,00	0,00	0,00	87,97
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	448,76	454,82	516,64	505,07	486,21	441,65	459,24	429,60	390,23	354,46	321,97	376,40
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	40,10	43,40	46,66	49,07	47,61	44,57	43,27	42,69	39,38	35,77	32,49	33,54
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	97,67	47,01	103,11	35,65	27,33	0,00	57,85	12,41	0,00	0,00	0,00	83,62
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	137,77	90,41	149,77	84,72	74,94	44,57	101,12	55,10	39,38	35,77	32,49	117,16
Qcal.	m ³ /s	13,81	8,50	15,02	9,80	7,51	4,19	10,14	5,52	3,95	3,36	3,26	11,75
Vol.Qcal.	MCM	17,90	11,75	19,46	11,01	9,74	5,79	13,14	7,16	5,12	4,65	4,22	15,22

Lampiran 42 Perhitungan Debit Metode F.J. Mock Bulan Juli – Desember Tahun 2021

Parameter DAS	Satuan	Tengah bulan ke											
		1-Jul	2-Jul	1-Agt	2-Agt	1-Sep	2-Sep	1-Okt	2-Okt	1-Nov	2-Nov	1-Des	2-Des
Jumlah Hari	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Curah Hujan (P)	mm/15hari	2,00	13,00	14,00	10,00	86,00	113,00	0,00	131,00	350,00	279,00	121,00	254,00
Jumlah hari hujan (n)	hari	2,00	4,00	5,00	4,00	7,00	7,00	0,00	9,00	14,00	12,00	10,00	11,00
Evapotranspirasi Potensial (ET ₀)	mm/15hari	49,01	49,27	63,81	66,73	77,24	73,36	86,34	72,94	64,60	63,94	65,72	63,77
<i>Exposed surface</i> (m)	%	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Evaporasi (E)	mm/15hari	13,72	12,07	14,52	16,35	14,87	14,12	27,20	11,49	4,52	6,71	9,20	7,81
Evapotranspirasi Aktual (AET)	mm/15hari	35,29	37,20	49,29	50,38	62,37	59,24	59,15	61,45	60,08	57,23	56,52	55,96
<i>Excess Rainfall</i> (ER)	mm/15hari	-33,29	-24,20	-35,29	-40,38	23,63	53,76	-59,15	69,55	289,92	221,77	64,48	198,04
<i>Soil Moisture Storage</i> (SMS)	mm/15hari	88,50	64,30	29,01	0,00	23,63	77,39	18,24	87,79	121,79	121,79	121,79	121,79
<i>Water Surplus</i> (WS)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	255,93	221,77	64,48	198,04
Infiltrasi (I)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	131,21	113,70	33,06	101,53
<i>Groundwater Storage</i> (GWS)	mm/15hari	341,90	310,56	282,10	256,24	232,75	211,42	192,04	174,44	283,65	366,14	364,12	427,63
<i>Base Flow</i> (BSF)	mm/15hari	34,50	31,34	28,47	25,86	23,49	21,33	19,38	17,60	22,00	31,21	35,07	38,03
<i>Direct Runoff</i> (DRO)	mm/15hari	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	124,72	108,07	31,42	96,51
<i>Total Runoff</i> (TRO)	mm/15hari	34,50	31,34	28,47	25,86	23,49	21,33	19,38	17,60	146,72	139,28	66,50	134,53
Qcal.	m ³ /s	3,46	2,95	2,85	2,43	2,35	2,14	1,94	1,65	14,71	13,96	6,67	12,65
Vol.Qcal.	MCM	4,48	4,07	3,70	3,36	3,05	2,77	2,52	2,29	19,06	18,10	8,64	17,48