

# **ANALISIS NERACA AIR DI WADUK GONGSENG BOJONEGORO**

Laporan Tugas Akhir  
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

**Oleh :**

**ELENORA GITA ALAMANDA SAPAN**

**NPM : 140215621**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
APRIL 2018**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

### **ANALISIS NERACA AIR DI WADUK GONGSENG BOJONEGORO**

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 23 April 2018

Yang membuat pernyataan



(Elenora Gita Alamanda Sapan)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**ANALISIS NERACA AIR DI WADUK GONGSENG BOJONEGORO**

Oleh:

ELENORA GITA ALAMANDA SAPAN

NPM : 140215621

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Yogyakarta, 23 April 2018

Pembimbing



(Cita Adiningrum, S.T., M.T.)

Disahkan oleh:

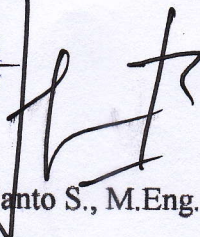
Program Studi Teknik Sipil

Ketua



FAKULTAS

(Ir. E. Y. Harijanto S., M.Eng., Ph.D.)



PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

**ANALISIS NERACA AIR DI WADUK GONGSENG BOJONEGORO**

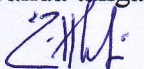

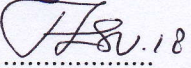


Oleh:

ELENORA GITA ALAMANDA SAPAN

NPM. :140215621

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Ketua	: Cita Adiningrum, S.T., M.T.		23.04.18
Sekretaris	: Agatha Padma L, S.T., M.Eng.		23.04.18
Anggota	: Ir. V. Yenni Endang S., M.T.		23.04.18

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, bimbingan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISIS NERACA AIR DI WADUK GONGSENG BOJONEGORO”** untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain kepada:

1. Ibu Sushardjanti Felasari, S.T., M.Sc.CAED., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Bapak AY. Harijanto Setiawan, Ir., M.Eng.,Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu Cita Adiningrum, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah sabar dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Agatha Padma Laksitaningtyas, S.T., M.Eng., selaku Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika dan Koordinator Tugas Akhir Bidang Hidro yang telah membantu dan membimbing selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

5. Ibu Ir. V. Yenni Endang S., M.T., yang telah memberikan banyak masukan.
6. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
7. Kepala dan Staff Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, SNVT Bendungan Bengawan Solo, dan UPT PSDA Bojonegoro yang telah membantu dalam pengumpulan data.
8. Bapak David, Ibu Ita, Adik Davis dan segenap keluarga yang telah membantu, mendoakan serta memberikan dorongan, semangat dan kasih sayang yang tiada henti.
9. Sahabat seperjuangan tersayang Bella Koes Paulina Cantik dan Alvionita Oentari.
10. Teman-teman terkasih; Tasya, Done, Feby, Nanda, Andi, Richat, Ratih, Agnes, Jeje, Dede, Bara, CW, Anggia, Tepen, Damar, Mega, Imel, Garin, Lulu, dan Meydelin atas kebersamaan dan bantuannya selama ini.
11. Keluarga Teknik Sipil UAJY angkatan 2014, Kelas H 2014, Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika, Pratiikan EG, HMS UAJY 16/17, K2KAMSY, KKN 71 Nglengkong, *Student Staff* Perpustakaan dan OMK Kidul Loji atas dinamika, bantuan dan pembelajaran yang telah diberikan.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan dalam penulisan Tugas Akhir.

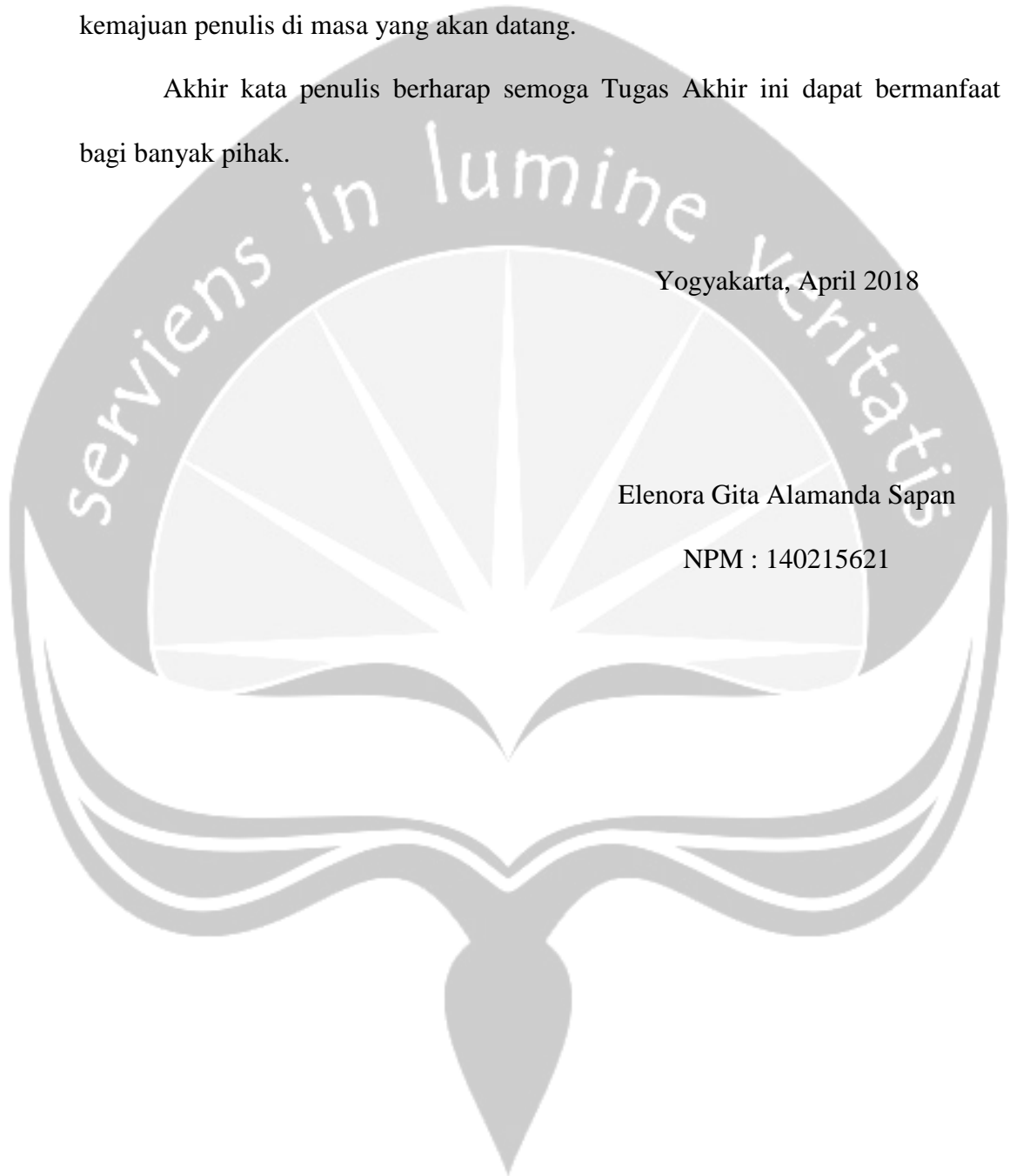
Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kemajuan penulis di masa yang akan datang.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Yogyakarta, April 2018

Elenora Gita Alamanda Sapan

NPM : 140215621



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xii
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>INTISARI</b> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Rumusan Masalah .....	1
1.3.Batasan Masalah .....	2
1.4.Keaslian Tugas Akhir.....	3
1.5.Tujuan Tugas Akhir .....	3
1.6.Manfaat Tugas Akhir .....	3
1.7.Lokasi Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1.Siklus Hidrologi .....	5
2.1.1. Evaporasi .....	6
2.1.2. Presipitasi .....	7
2.1.3. Infiltrasi .....	7
2.2.Neraca Air .....	7
2.3.Ketersediaan Air .....	8
2.4. Kebutuhan Air.....	8
2.4.1. Kebutuhan Air Irigasi .....	8
2.4.2. Kebutuhan Air non-Irigasi.....	8
2.5. Peramalan Variabel .....	8
2.6. Tinjauan Penelitian Terdahulu .....	9
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
3.1. Curah Hujan Wilayah dengan Metode <i>Poligon Thiessen</i> .....	11
3.2. Metode <i>Mock</i> .....	11
3.3. Evapotranspirasi <i>Penman Monteith</i> .....	15
3.4. Evaporasi dengan Metode Transfer Massa .....	20
3.5. Kajian Prediksi .....	22
3.6. Kebutuhan Air .....	22
3.6.1. Kebutuhan Air Irigasi .....	22
3.6.2. Kebutuhan Air non-Irigasi.....	22



3.6. Simulasi Operasi Waduk Metode <i>Standard Operating Rule</i> .....	25
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	
4.1. Data .....	27
4.2. Analisis .....	27
4.3. Kerangka Penelitian .....	28
4.4. Bagan Alir Pelaksanaan Tugas Akhir .....	29
<b>BAB V PEMBAHASAN</b>	
5.1. Perhitungan Curah Hujan Rerata dengan <i>Poligon Thiessen</i> .....	30
5.2. Perhitungan Evaporasi dan Evapotranspirasi Aktual .....	45
5.2.1. Evapotranspirasi Potensial .....	45
5.2.2. Evaporasi .....	46
5.2.3. Jumlah Hari Hujan .....	48
5.2.4. <i>Exposed Surface</i> .....	48
5.2.5. Evapotranspirasi Aktual .....	49
5.3. Analisis Debit Kontinyu Metode <i>Mock</i> .....	49
5.3.1. Nilai SMC, ISM, WIC, DIC, k dan IGWS .....	50
5.3.2. Hasil Uji Ketelitian Model <i>Mock</i> .....	55
5.4. Analisis Kebutuhan Air .....	59
5.4.1. Kebutuhan Air Irigasi .....	59
5.4.2. Kebutuhan Air Non Irigasi .....	59
5.5. Prediksi Ketersediaan Air .....	65
5.6. Perhitungan Neraca Air .....	66
5.7. Simulasi Waduk Menggunakan Metode <i>Standard Operating Rule</i> .....	67
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1. Kesimpulan .....	70
6.2. Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	73
<b>LAMPIRAN</b> .....	76

## DAFTAR TABEL

No.	Nama Tabel	Hal.
2.1	Perbandingan Topik Tugas Akhir	10
3.1	<i>Exposed Surface</i>	20
3.2	Tekanan Uap Air Jenuh $e_s$	21
3.3	Kebutuhan Air Untuk Ternak	22
3.4	Kategori Kebutuhan Air Domestik	23
3.5	Kebutuhan Air Non Domestik Kota Kategori I, II, III dan IV	24
3.6	Kebutuhan Non Domestik Kategori V	25
3.7	Kebutuhan Non Domestik Kategori Lain	25
5.1	Stasiun Hujan dan Koordinat Stasiun Hujan	30
5.2	Luas Daerah Hujan Setiap Stasiun	42
5.3	Perhitungan Curah Hujan Bulanan	43
5.4	Rekapitulasi Curah Hujan Bulanan Tahun Data (mm/bulan)	44
5.5	Data ETo Bulanan (mm/bulan)	46
5.6	Data Evaporasi (mm/hari)	47
5.7	Data Jumlah Hari Hujan	48
5.8	Data Luas Penggunaan Lahan	48
5.9	Perhitungan Debit Kontinyu Menggunakan Metode Mock (tahap kalibrasi)	51
5.10	Perhitungan Debit Kontinyu Menggunakan Metode Mock (tahap verifikasi)	53
5.11	Hasil Parameter <i>Mock</i>	55
5.12	Hasil Parameter Ketelitian Model <i>Mock</i>	55
5.13	Perhitungan Debit Kontinyu 2014-2016	56
5.14	Perhitungan Kebutuhan Air Peternakan	60
5.15	Data Pertumbuhan Penduduk Desa Kedung Sari	61
5.16	Jumlah Penduduk Desa Kedung Sari	61
5.17	Perhitungan Kebutuhan Air Domestik SR	62
5.18	Perhitungan Kebutuhan Air Domestik HU	62
5.19	Kebutuhan Air Non-Domestik Berdasarkan Jumlah Murid Sekolah	63
5.20	Kebutuhan Air Non-Domestik Berdasarkan Jumlah Puskesmas	63
5.21	Kebutuhan Air Non-Domestik Berdasarkan Jumlah Rumah Ibadah	63
5.22	Kebutuhan Air Non-Irigasi	63
5.23	Reliabilitas Waduk Gongseng	69

## DAFTAR GAMBAR

No.	Nama Gambar	Hal.
1.1	Wilayah Sungai Bengawan Solo	4
2.1	Daur Hidrologi	6
4.1	Bagan Alir Penelitian	29
5.1	<i>Tool Fill</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	31
5.2	Peta DEM baru dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	32
5.3	<i>Flow Direction</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	32
5.4	Hasil Peta Raster Aliran dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	33
5.5	<i>Flow Accumulation</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	33
5.6	Hasil Peta Raster Aliran dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	34
5.7	<i>Set Null</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	34
5.8	Peta Hasil <i>Set Null</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	35
5.9	<i>Stream Link</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	35
5.10	<i>Stream Order</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	36
5.11	Peta Hasil <i>Stream Order</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	36
5.12	<i>Stream to Feature</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	37
5.13	Peta Sungai dalam <i>vector</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	37
5.14	Koordinat PDA Gongseng dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	38
5.15	Kontur Bojonegoro dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	38
5.16	Proses Pembatasan DAS dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	39
5.17	DAS Waduk Gongseng dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	39
5.18	Hasil <i>Plotting</i> Stasiun Hujan dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	40
5.19	<i>Create Thiessen Polygons</i> dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	40
5.20	Tampilan Poligon Thiessen dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	41
5.21	Pembagian Daerah Hujan dalam <i>ArcGIS 10.2.2</i>	41
5.22	Grafik Perbandingan Perhitungan ETo	45
5.23	Grafik Debit Aliran DAS Waduk Gongseng	59
5.24	Proyeksi Penduduk Desa Kedung Sari	61
5.25	Debit Kontinyu 2011-2016	65
5.26	Nilai Prediksi Debit Kontinyu 2017-2022	65
5.27	Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air di Waduk Gongseng tahun 2011-2012	66
5.28	Grafik Hubungan Elevasi dan Volume	67
5.29	Grafik Hubungan Luas dan Volume	67

## DAFTAR NOTASI

Notasi	Arti
$\bar{p}$	Hujan rerata kawasan
$p_1, p_2, \dots, p_n$	Hujan pada stasiun 1,2,3.....,n
$A_1, A_2, \dots, A_n$	Luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3.....,n
$ER_i$	<i>Excess rainfall</i>
$P_i$	Hujan
$ET_{c_i}$	Evapotranspirasi aktual
$ER_i$	<i>Excess rainfall</i>
$SS_i$	<i>Soil storage</i>
$SM_i$	<i>Soil moisture</i> pada bulan i
$SM_{i-1}$	<i>Soil moisture</i> pada bulan sebelumnya
$SMC$	<i>Soil moisture capacity</i>
$I_i$	Infiltrasi
$WIC$	Koefisien infiltrasi pada musim hujan
$DIC$	Koefisien infiltrasi pada musim kemarau
$DRO_i$	Limpasan langsung
$WS_i$	<i>Water surplus</i>
$SRO_i$	<i>Storm run off</i>
$GWS_i$	<i>Ground water storage</i> atau tampungan air tanah
$k$	Faktor resesi air tanah
$GWS_{i-1}$	<i>Ground water storage</i> atau tampungan air tanah pada bulan sebelumnya
$BSF_i$	<i>Base flow</i> atau aliran air tanah
$TRO$	<i>Total run off</i>
$Q_{cal}$	Debit limpasan terhitung
$A$	Luas DAS
$H$	Jumlah hari dalam satu bulan perhitungan
$ET_o$	Evapotranspirasi potensial
$R_n$	Radiasi netto pada permukaan tanaman
$G$	Soil heat flux density
$T$	Temperature rata-rata harian pada ketinggian 2 m
$e_s$	<i>Saturation vapour pressure deficit</i>
$e_a$	<i>Actual vapour pressure deficit</i>
$e_s - e_a$	<i>Saturation vapour pressure deficit</i>
$u$	Kecepatan angin

Notasi	Arti
$u_z$	Kecepatan angin pada ketinggian $z$ m di atas permukaan tanah
$Z$	Ketinggian terukur di atas permukaan laut
$\Delta$	<i>Slope of saturation vapour pressure curve</i>
$T$	Temperatur udara
$\gamma$	Tetapan psikrometrik
$P$	Tekanan atmosfer
$e_o(T_{\min})$	<i>Saturation vapour pressure</i> pada temperature minimum harian
$e_o(T_{\max})$	<i>Saturation vapour pressure</i> pada temperature maksimal harian
$RH_{\max}$	Kelembaban relatif maksimum
$RH_{\min}$	Kelembaban relatif minimum
$T_{\text{month},i}$	Temperatur udara rata-rata pada bulan ke-1
$T_{\text{month},i-1}$	Temperatur udara rata-rata pada bulan sebelumnya
$R_{\text{ns}}$	<i>Net solar or shortwave radiation</i>
$R_{\text{nl}}$	<i>Net outgoing or longwave radiation</i>
$R_s$	<i>Solar or shortwave radiation</i>
$N$	Lama sinar matahari aktual
$n$	<i>Daylight hours</i>
$n/N$	Lama penyinaran matahari relatif
$R_a$	<i>Extraterrestrial radiation</i>
$a_s$	Konstanta regresi
$b_s$	Fraksi dari <i>extraterrestrial radiation</i> yang sampai ke bumi pada saat cuaca cerah
$G_{\text{sc}}$	<i>Solar constant</i> = 0,0820
$d_r$	<i>Inverse relative distance Earth-sun</i>
$\Delta$	<i>Solar declination</i>
$\omega_s$	<i>Sunset hour angle</i>
$\Phi$	<i>Lattitude</i>
$R_{\text{nl}}$	<i>Net outgoing longwave radiation</i>
$\Sigma$	Tetapan Stefan-Boltzman
$T_{\max,K}$	Temperatur absolut maksimum
$T_{\min,K}$	Temperatur absolut minimum
$R_s/R_{s0}$	<i>Relative shortwave radiation</i>
$R_{s0}$	<i>Clear-sky radiation</i>
$E_a$	Evapotranspirasi aktual
$ET_o$	Evapotranspirasi potensial
$n$	Jumlah hari hujan
$m$	<i>Exposed surface</i>

Notasi	Arti
E	Evaporasi
$e_d$	Tekanan uap udara
T	Jumlah diskret waktu
$S_{t+1}$	Tampungan ( <i>storage</i> ) waduk saat awal ke-t
$S_t$	Tampungan ( <i>storage</i> ) waduk saat akhir ke-t (
$I_t$	Pemasukan ( <i>inflow</i> ) air dari waduk saat ke-t
$E_t$	Kehilangan air akibat evaporasi di waduk saat ke-t
$O_t$	Pelepasan ( <i>outflow</i> ) air dari waduk saat ke-
Kw	Kapasitas waduk



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan	Keterangan	Hal.
3-1	Curah Hujan Rerata Metode <i>Poligon Thiessen</i>	11
3-2	<i>Excess Rainfall</i>	12
3-3	<i>Water Surplus</i>	12
3-4	<i>Soil Storage</i>	12
3-5	<i>Soil Moisture</i>	12
3-6	<i>Soil Moisture</i>	12
3-7	Infiltrasi (WIC)	13
3-8	Infiltrasi (DIC)	13
3-9	<i>Direct Run Off</i>	13
3-10	<i>Ground Water Storage</i>	13
3-11	<i>Base Flow</i>	14
3-12	<i>Total Run Off</i>	14
3-13	Debit Terhitung	14
3-14	Evapotranspirasi Potensial	15
3-15	Kecepatan Angin	15
3-16	<i>Slope Of Saturation Vapour Pressure Curve</i>	15
3-17	Tetapan Psikrometrik	15
3-18	Tekanan Atmosfir	16
3-19	<i>Saturation Vapour Pressure Deficit</i>	16
3-20	<i>Actual Vapour Pressure Deficit</i>	16
3-21	<i>Saturation Vapout Pressure</i>	16
3-22	<i>Soil Heat Flux Density</i>	16
3-23	Radiasi Netto Pada Permukaan Tanaman	16
3-24	<i>Net Solar Or Shortwave Radiation</i>	16
3-25	<i>Solar Or Shortwave Radiation</i>	16
3-26	Lama Sinar Matahari Aktual	16
3-27	<i>Extraterrestrial Radiation</i>	16
3-28	<i>Inverse Relative Distance Earth-Sun</i>	16
3-29	<i>Solar Declination</i>	16
3-30	<i>Sunset Hour Angle</i>	17
3-31	<i>Net Outgoing Or Longwave Radiation</i>	17
3-32	<i>Clear-Sky Radiation</i>	17
3-33	Evapotranspirasi Aktual	20
3-34	Evaporasi	20
3-35	Tekanan Uap Udara	20
3-36	Tampungan Waduk	25

Persamaan	Keterangan	Hal.
5-1	Persamaan Hubungan Elevasi-Tampungan	67
5-2	Persamaan Hubungan Luas-Tampungan	67
5-3	Persamaan Invers Hubungan Elevasi-Tampungan	67





## DAFTAR LAMPIRAN

Nama Lampiran	Hal.
A. Perhitungan Curah Hujan	
A.1. Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2012	76
A.2. Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2013	77
A.3. Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2014	78
A.4. Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2015	79
A.5. Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2016	80
B. <i>Output ETo CROPWAT 8.0</i>	
B.1. <i>Daily ETo Penman Monteith 2011</i>	81
B.2. <i>Daily ETo Penman Monteith 2012</i>	81
B.3. <i>Daily ETo Penman Monteith 2013</i>	82
B.4. <i>Daily ETo Penman Monteith 2014</i>	82
B.5. <i>Monthly ETo Penman Monteith 2015</i>	83
B.6. <i>Monthly ETo Penman Monteith 2016</i>	83
C. Perhitungan <i>ETo</i> Metode <i>Penman Monteith</i> (manual)	
C.1. <i>ETo Penman Monteith 2011</i>	84
C.2. <i>ETo Penman Monteith 2012</i>	87
C.3. <i>ETo Penman Monteith 2013</i>	90
C.4. <i>ETo Penman Monteith 2014</i>	93
C.5. <i>ETo Penman Monteith 2015</i>	96
C.6. <i>ETo Penman Monteith 2016</i>	99
D. Hitungan Simulasi <i>Release</i> Tahun 2011-2013	102

## INTISARI

**ANALISIS NERACA AIR DI WADUK GONGSENG BOJONEGORO,**  
Elenora Gita Alamanda Sapan, NPM: 14 02 15621, tahun 2018, Bidang  
Peminatan Hidro, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma  
Jaya Yogyakarta.

Waduk Gongseng merupakan proyek nasional yang bertujuan untuk konservasi sumber daya air. Analisis neraca air diperlukan untuk mengetahui jumlah kebutuhan dan ketersediaan air. Sebagai waduk yang belum beroperasi maka waduk tidak memiliki data ketersediaan air, maka perlu melakukan pendekatan mengenai debit bangkitan inflow. Kajian tersebut juga dapat digunakan untuk mengetahui target *release* waduk Gongseng.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan *catchment area* waduk Gongseng menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.2.2*, kemudian perhitungan curah hujan merata pada tiga stasiun di sekitar *catchment area* menggunakan metode *Poligon Thiessen*, perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode *Penman Monteith* dibantu oleh perangkat lunak *CROPWAT 8.0*, perhitungan evaporasi menggunakan metode transfer massa, perhitungan debit kontinyu menggunakan metode *Mock*, perhitungan kebutuhan air menggunakan data Badan Pusat Statistik Bojonegoro dan perhitungan simulasi *release* waduk menggunakan *Standard Operating Rule (SOR)*.

Berdasarkan perhitungan dengan metode *Mock* didapatkan nilai korelasi pada tahap kalibrasi sebesar 0,9 dan pada tahap verifikasi sebesar 0,76. Dari hasil simulasi *Standard Operating Rule (SOR)*, kemampuan optimal Waduk Gongseng dalam melayani kebutuhan irigasi dengan tingkat reliabilitas 100% untuk target *release* waduk sebesar 36,505%. Sedangkan pelayanan kebutuhan air non-irigasi dapat terpenuhi dengan tingkat reliabilitas 100% untuk target *release* 100%.

**Kata kunci :** Waduk Gongseng, target *release*, metode *Mock*, *Standard Operating Rule*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Pembangunan Waduk Gongseng yang sedang berlangsung di Desa Kedungsari, Kecamatan Temayang, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur. Pembangunan waduk Gongseng termasuk proyek nasional yang bertujuan untuk konservasi sumber daya air.

Menurut situs resmi Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur, realisasi fisik Waduk Gongseng hingga 14 Desember 2017 telah mencapai 47,93%. Waduk Gongseng direncanakan untuk mengairi areal irigasi di Kabupaten Bojonegoro. Selain itu digunakan juga untuk memenuhi kebutuhan air di Kecamatan Temayang terutama Desa Kedung Sari.

Waduk Gongseng termasuk waduk yang belum beroperasi maka tidak memiliki data ketersediaan air, maka diperlukan pendekatan melalui pembangkitan data debit inflow. Pada tugas akhir ini akan mengkaji mengenai analisis neraca air yang dilakukan untuk memprediksi jumlah kebutuhan dan ketersediaan air. Dari penelitian ini juga diharapkan dapat diketahui target *release* waduk Gongseng yang optimal.

#### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan seperti tercantum di bawah ini.

1. Berapa jumlah ketersediaan air dan kebutuhan air pada waduk Gongseng?

2. Berapa target *release* waduk Gongseng agar nilai reliabilitas waduk mencapai 100%?

### 1.3. **Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka batasan masalah pada tugas akhir yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan pada Waduk Gongseng, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur.
2. Perhitungan dalam tugas akhir ini hanya mencakup jumlah kebutuhan air irigasi, non irigasi dan ketersediaan air.
3. Kebutuhan air irigasi menggunakan asumsi dari SNI 19-6728.1-2002 yakni sebesar 1 lt/detik/ha.
4. Kebutuhan air irigasi pada bulan-bulan basah, yaitu bulan November-Februari, kebutuhan air irigasi diasumsikan sama dengan nol.
5. Data curah hujan digunakan dari 3 stasiun hujan, yaitu Tretes, Sugihan dan Gangseng.
6. Air hujan yang langsung jatuh di atas permukaan waduk dan rembesan air waduk diabaikan.
7. Data klimatologi digunakan dari stasiun Padangan mulai dari tahun 2011-2016.
8. Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari tahun 2011-2016.

9. Data debit yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari tahun 2011-2013.
10. Suplisi dari Waduk Pacal diabaikan.
11. Perhitungan sedimen dan struktur-struktur lainnya tidak diperhitungkan.

#### **1.4. Keaslian Tugas Akhir**

Studi kasus mengenai neraca air telah banyak dilakukan, namun pada Waduk Gongseng belum pernah dilakukan. Maka tugas akhir yang berjudul “Analisis Neraca Air di Waduk Gongseng Bojonegoro” belum pernah dilakukan sebelumnya.

#### **1.5. Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah ketersediaan dan kebutuhan air pada waduk Gongseng dan target *release* waduk Gongseng.

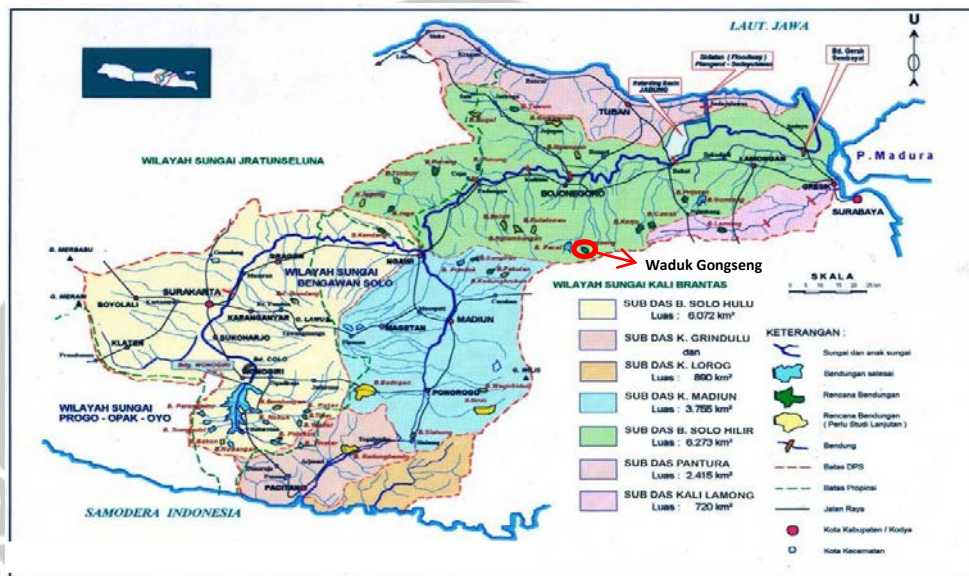
#### **1.6. Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat dari tugas akhir ini diharapkan dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan acuan untuk pengoperasian waduk Gongseng agar nantinya dapat berjalan optimal.

#### **1.7. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian pada tugas akhir ini adalah Waduk Gongseng yang termasuk dalam wilayah sungai Bengawan Solo, Sub Daerah Aliran Sungai

Bengawan Solo Hilir. Waduk Gongseng berada dalam wilayah Desa Kedungsari, Kecamatan Temayang, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur.



(Sumber : Pola Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Sungai Bengawan Solo Tahun 2010)

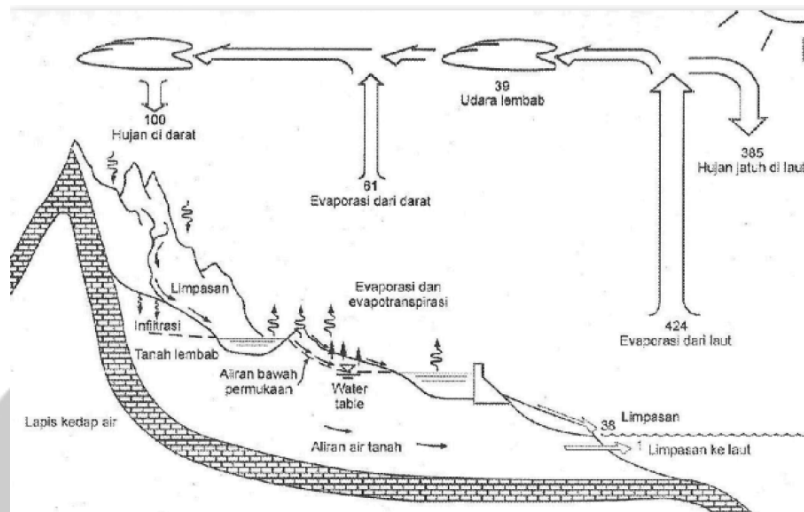
Gambar 1.1  
Wilayah Sungai Bengawan Solo

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi (Triatmodjo, 2010). Akibat panas yang bersumber dari matahari, maka terjadilah penguapan (*evaporation*), baik dari permukaan air laut, air sungai, maupun penguapan dari permukaan tanaman (*transpiration*), dan dari permukaan tanah. Uap air ini pada ketinggian yang tertentu akan diubah menjadi awan, yang kemudian dengan beberapa penyebab akan berubah menjadi awan penyebab hujan. Kalau kemudian kondisi alam memungkinkan, akan terjadi presipitasi yang dapat berupa salju, hujan dan sebagainya. Sebagian kecil dari ini akan diuapkan kembali sebelum samapi ke tanah dan yang selebihnya merupakan hujan. Air yang jatuh dipermukaan tanah ini, sebagian akan mengalir sebagai *overland flow* yang kemudian menjadi *surface run of*, sedangkan yang lain akan meresap ke dalam tanah (*infiltration*) (Sri Harto, 1983). Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air sungai akan sampai ke laut (Triatmodjo, 2010).



(Chow, 1988)

Gambar 2.1 Daur Hidrologi

### 2.1.1. Evaporasi

(Linsey dkk, 1985) mendefinisikan penguapan (evaporasi) adalah perubahan air dari bentuk cair ke bentuk gas. (Triatmodjo, 2010) menjelaskan bahwa dalam hidrologi, penguapan dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi (diberi notasi  $E_0$ ) adalah penguapan yang terjadi dari permukaan air, permukaan tanah, dan permukaan tanaman) sedangkan transpirasi ( $E_t$ ) adalah penguapan melalui tanaan, dimana air tanah diserap oleh akar tanaman yang kemudian dialirkan melalui batang sampai ke permukaan daun dan menguap menuju atmosfer.

Menurut (Linsey dkk, 1985) penguapan total menunjukkan jumlah keseluruhan dari air yang dipindahkan dari suatu daerah oleh transpirasi dan evaporasi, yang disebut evapotranspirasi. Dalam perhitungan evapotranspirasi, faktor-faktor seperti radiasi matahari, temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin dan tipe tanaman diperlukan.



### 2.1.2. Presipitasi

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang bisa berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah, sehingga terdapat hubungan erat antara debit sungai dan curah hujan yang jatuh di DAS yang bersangkutan (Triatmodjo, 2010).

### 2.1.3. Infiltrasi

(Bisri, 2009) mendefinisikan infiltrasi adalah suatu proses masuknya air, baik air hujan, air irigasi atau yang lain dari permukaan tanah ke dalam tanah. (Triatmodjo, 2010) menjelaskan bahwa di dalam tanah air mengalir dalam arah lateral yang dikenal sebagai aliran antara (*interflow*) dan dalam arah vertikal yang dikenal dengan perkolasi (*percolation*).

## 2.2. Neraca Air

Persamaan neraca air adalah persamaan yang menggambarkan bahwa di dalam suatu sistem hidrologi (DAS, waduk, danau, aliran permukaan) dapat dievaluasi air yang masuk dan yang keluar dari sistem tersebut dalam suatu periode waktu tertentu (Triatmodjo, 2010)

### **2.3. Ketersediaan Air**

(Direktorat Irigasi, 1980) dalam (Triatmodjo, 2010) menjelaskan bahwa ketersediaan air adalah jumlah air (debit) yang diperkirakan terus menerus ada di suatu lokasi (bangunan air) di sungai dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu (periode) tertentu.

### **2.4. Kebutuhan Air**

#### **2.4.1. Kebutuhan Air Irigasi**

Menurut (Triatmodjo, 2010) kebutuhan air irigasi sebagian besar dicukupi dari air permukaan. Dalam perhitungan, digunakan berbagai faktor seperti klimatologi, kondisi tanah, koefisien tanaman, pola tanam, luas daerah irigasi, dan lain-lain.

#### **2.4.2. Kebutuhan Air non-Irigasi**

Menurut (Ditjen Cipta Karya, 2000), kebutuhan air dibagi menjadi kebutuhan air domestik dan non domestik. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air untuk memenuhi keperluan rumah tangga (mandi, masak, mencuci dan lain-lain), sedangkan kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air diluar keperluan rumah tangga, seperti kebutuhan untuk perkantoran, rumah sakit, pendidikan dan lain-lain (Triatmodjo, 2010).

### **2.5. Peramalan Variabel**

Menurut Makridakis (1989) dalam Wirnatama (2017), peramalan (*forecasting*) merupakan proses memprediksi nilai-nilai sebuah variabel

berdasarkan nilai yang diketahui dari variabel yang ada atau variabel yang berhubungan.

## **2.6. Tinjauan Penelitian Terdahulu**

Dasar pemikiran pemilihan topik penelitian ini tidak lepas dari penelitian sebelumnya. Adapun beberapa hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak terlepas dari topik penelitian mengenai neraca air.

Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Gideon Budi Kusuma (2016) yang melakukan penelitian mengenai evaluasi neraca air pada pembangunan waduk Pasuruhan Magelang. Penelitian ini menghasilkan prakiraan umur waduk Pasuruhan yang lebih cepat dari umur perencanaan waduk oleh konsultan perencana serta nilai volume tampungan efektif selama umur waduk lebih besar dari volume tampungan waduk.

Penelitian neraca air juga dilakukan oleh Dicky Davidoff (2015) yang berlokasi pada DAS Serayu. Hasil dari penelitian ini adalah kondisi kesetimbangan air dan volume tampungan saat kemarau pada DAS Serayu. Penulis juga mengemukakan alternatif-alternatif agar kebutuhan air pada DAS Serayu dapat terpenuhi. Perbandingan dengan penelitian terdahulu di Universitas Atma Jaya Yogyakarta dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 2.1 Perbandingan Topik Tugas Akhir

Komponen	Penulis		
	Dicky Davidoff (2015)	Gideon Budi Kusuma (2016)	Elenora Gita (2017)
Judul Penelitian	Analisis Water Balance DAS Serayu Berdasarkan Debit Sungai Utama	Evaluasi Perhitungan Neraca Air Pembangunan Waduk Pasuruhan, Kabupaten Magelang	Analisis Neraca Air di Waduk Gongseng Bojonegoro
Lokasi Penelitian	Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu	Waduk Pasuruhan, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah	Waduk Gongseng, Kabupaten Bojonegoro, Provinsi Jawa Timur
Metode	<i>Poligon Thiessen, Normal Ratio Method, Mock, dan Penman Monteith,</i>	<i>Poligon Thiessen, Inverse Square Distance, Melchior, dan Penman Monteith.</i>	<i>Poligon Thiessen, Penman Monteith, Mock, Standard Operating Rule</i>
Kesimpulan	Waduk Sudirman di DAS Serayu tidak dapat menampung kebutuhan air untuk tahun 2013 dan berikutnya. Perlu adanya waduk baru dan pembangunan bendung untuk mengendapkan sedimen.	Prakiraan umur waduk Pasuruhan yang lebih cepat dari umur perencanaan waduk oleh konsultan perencana serta nilai volume tampungan efektif selama umur waduk lebih besar dari volume tampungan waduk.	Keseimbangan air pada waduk Gongseng dan target <i>release</i> waduk Gongseng

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Curah Hujan Wilayah dengan Metode *Poligon Thiessen*

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya (Triatmodjo, 2010). Dalam pengolahan data curah hujan wilayah pada Tugas Akhir ini akan menggunakan *software ArcGis 10.2.2*. Secara sistematis hujan rerata tersebut dapat ditulis:

$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3-1)$$

Keterangan :

$\bar{p}$  : hujan rerata kawasan

$p_1, p_2, \dots, p_n$  : hujan pada stasiun 1,2,3.....,n

$A_1, A_2, \dots, A_n$  : luas daerah yang mewakili stasiun 1,2,3.....,n

#### 3.2 Metode *Mock*

(Mock, 1973) dalam (Adiningrum, 2015) menjelaskan komponen-komponen dari proses dalam model *mock* dibagi menjadi tiga bagian hujan dan evapotranspirasi; keseimbangan air dalam permukaan ranah; dan tampungan air tanah. Parameter hidrologi yang digunakan adalah hujan, evapotranspirasi, aliran permukaan, aliran dasar, dan aliran sungai. Komponen yang membentuk aliran permukaan (ER, WS, I, DRO dan SRO) dan aliran dasar (GWS dan BSF) antara lain sebagai berikut:

- a. *Excess rainfall* (ER) dalam mm/bulan dengan persamaan sebagai berikut:

$$ER_i = P_i - ETc_i \quad (3-2)$$

Keterangan:

$ER_i$  : *excess rainfall* (mm/bulan)

$P_i$  : hujan (mm/bulan)

$ETc_i$  : evapotranspirasi aktual (mm/bulan)

b. *Water surplus* (WS) dalam mm/bulan dengan persamaan sebagai berikut:

$$WS_i = ER_i - SS_i \quad (3-3)$$

$$SS_i = SM_i + SM_{i-1} \quad (3-4)$$

Keterangan:

$WS_i$  : *water surplus* (mm/bulan)

$ER_i$  : *excess rainfall* (mm/bulan)

$SS_i$  : *soil storage* (mm/bulan)

c. *Soil moisture* (SM) dalam mm/bulan dengan persamaan sebagai berikut:

$$SM_i = SM_{i-1} + ER_i \quad (3-5)$$

Bila SM bernilai negatif dan nilai SM lebih besar dari SMA maka,

$$SM_i = SMC \quad (3-6)$$

Keterangan:

$SM_i$  : *soil moisture* pada bulan i (mm/bulan)

$ER_i$  : *excess rainfall* (mm/bulan)

$SM_{i-1}$  : *soil moisture* pada bulan sebelumnya (mm/bulan)

$SMC$  : *soil moisture capacity*

d. Infiltrasi (I) dalam mm/bulan sebagai berikut:

$$I_i = WIC \times WS_i \quad (3-7)$$

$$I_i = DIC \times WS_i \quad (3-8)$$

Keterangan:

$I_i$  : infiltrasi (mm/bulan)

WIC : koefisien infiltrasi pada musim hujan

DIC : koefisien infiltrasi pada musim kemarau

e. *Direct run off* (DRO) dalam mm/bulan sebagai berikut:

$$DRO_i = WS_i - I_i \quad (3-9)$$

Keterangan:

$DRO_i$  : limpasan langsung (mm/bulan)

$WS_i$  : *water surplus* (mm/bulan)

$I_i$  : infiltrasi (mm/bulan)

f. *Ground Water Storage* (GWS) dalam mm/bulan sebagai berikut:

$$GWS_i = 0,5(1+k)I_i + k \times GWS_{i-1} \quad (3-10)$$

Keterangan:

$GWS_i$  : *ground water storage* atau tampungan air tanah (mm/bulan)

$I_i$  : infiltrasi (mm/bulan)

$k$  : faktor resesi air tanah ( $q_t/q_o$ )

$GWS_{i-1}$ : *ground water storage* atau tampungan air tanah pada bulan sebelumnya (mm/bulan)

g. *Base flow* (BF) dalam mm/bulan sebagai berikut:

$$BSF_i = I_i - (GWS_i - GWS_{i-1}) \quad (3-11)$$

Keterangan:

$BSF_i$  : *base flow* atau aliran air tanah (mm/bulan)

$I_i$  : infiltrasi (mm/bulan)

$GWS_i$  : *ground water storage* atau tampungan air tanah (mm/bulan)

$GWS_{i-1}$ : *ground water storage* atau tampungan air tanah pada bulan sebelumnya (mm/bulan)

Besarnya aliran di sungai merupakan gabungan dari aliran limpasan langsung, aliran dasar dan aliran saat hujan deras dengan persamaan berikut:

$$TRO = DRO + BSF + SRO \quad (3-12)$$

Keterangan:

TRO : *total run off*

DRO : *direct run off*

BSF : *base flow*

SRO : *strom run off*

Sedangkan debit aliran sungai dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{cal} = \frac{A \times TRO \times 1000}{H \times 24 \times 3600} \quad (3-13)$$

Keterangan:

$Q_{cal}$  : debit limpasan terhitung ( $m^3/dt$ )



TRO : total *run off* (mm/bulan)

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

H : jumlah hari dalam satu bulan perhitungan

### 3.3 Evapotranspirasi Penman Monteith

Dalam perhitungan evapotranspirasi pada tugas akhir ini, digunakan metode *Penman Monteith* yang tertera pada *FAO Irrigation and Drainage Paper* No.56 Tahun 1990. Perhitungan akan menggunakan bantuan *software* CROPWAT 8.0 untuk mempercepat perhitungan.dengan persamaan sebagai berikut.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,3u_2)} \quad (3-14)$$

$$u = u_z \frac{4,87}{\ln(67,8 - 5,42)} \quad (3-15)$$

$$\Delta = \frac{4098 \left[ 0,6108 \exp\left(\frac{17,271}{T + 273,3}\right) \right]}{(T + 273,3)^2} \quad (3-26)$$

$$\gamma = 0,665 \times 10^{-3} P \quad (3-17)$$

$$P = 101,3 \left( \frac{293 - 0,0065z}{293} \right)^{5,26} \quad (3-18)$$

$$e_s = \frac{e^o(T_{\max}) + e^o(T_{\min})}{2} \quad (3-19)$$

$$e_a = \frac{e^o(T_{\min}) \frac{RH_{\max}}{100} + e^o(T_{\max}) \frac{RH_{\min}}{100}}{2} \quad (3-20)$$

$$e^o = 0,6108 \exp\left(\frac{17,27T}{T + 273,3}\right) \quad (3-21)$$

$$G_{\text{month},i} = 0,14(T_{\text{month},i} - T_{\text{month},i-1}) \quad (3-22)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (3-23)$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \quad (3-24)$$

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N}\right) R_a \quad (3-25)$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (3-26)$$

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (3-27)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos \frac{\pi}{365} J \quad (3-28)$$

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \quad (3-29)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi)\tan(\delta)] \quad (3-30)$$

$$R_{nl} = \sigma \left[ \frac{T_{\max} K^4 + T_{\min} K^4}{2} \right] \left( 0,34 - 0,14\sqrt{e_a} \right) \left( 1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \quad (3-31)$$

$$R_{so} = (0,75 + 2 \times 10^{-5} z) R_a \quad (3-32)$$

Keterangan:

$ET_o$  : evapotranspirasi potensial [mm day<sup>-1</sup>]

$R_n$  : radiasi netto pada permukaan tanaman [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>]

$G$  : soil heat flux density [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>]

$T$  : temperature rata-rata harian pada ketinggian 2 m [°C]

$e_s$  : saturation vapour pressure deficit [kPa]

$e_a$  : actual vapour pressure deficit [kPa]

$e_s - e_a$  : saturation vapour pressure deficit [kPa]

$u$  : kecepatan angin [m/s]

$u_z$  : kecepatan angin pada ketinggian  $z$  m di atas permukaan tanah  
[m/s]

$z$  : ketinggian terukur di atas permukaan laut [m]

$\Delta$  : slope of saturation vapour pressure curve [kPa°C<sup>-1</sup>]

- $T$  : temperatur udara [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $\gamma$  : tetapan psikrometrik [ $\text{kPa}^{\circ}\text{C}_{-1}$ ]
- $P$  : tekanan atmosfer [ $\text{kPa}$ ]
- $e_o(T_{\min})$  : *saturation vapour pressure* pada temperature minimum harian  
[ $\text{kPa}$ ]
- $e_o(T_{\max})$  : *saturation vapour pressure* pada temperature maksimal harian  
[ $\text{kPa}$ ]
- $\text{RH}_{\max}$  : kelembaban relatif maksimum [%]
- $\text{RH}_{\min}$  : kelembaban relatif minimum [%]
- $T_{\text{month},i}$  : temperatur udara rata-rata pada bulan ke-1 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $T_{\text{month},i-1}$  : temperatur udara rata-rata pada bulan sebelumnya [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $R_{\text{ns}}$  : *net solar or shortwave radiation* [ $\text{MJ m}_{-2} \text{day}_{-1}$ ]
- $R_{\text{nl}}$  : *net outgoing or longwave radiation* [ $\text{MJ m}_{-2} \text{day}_{-1}$ ]
- $R_s$  : *solar or shortwave radiation* [ $\text{MJ m}_{-2} \text{day}_{-1}$ ]
- $N$  : lama sinar matahari aktual [jam]
- $n$  : *daylight hours* [jam]
- $n/N$  : lama penyinaran matahari relatif [-]
- $R_a$  : *extraterrestrial radiation* [ $\text{MJ m}_{-2} \text{day}_{-1}$ ]

- $a_s$  : konstanta regresi, menunjukkan fraksi dari *extraterrestrial radiation* yang sampai ke bumi pada saat cuaca mendung ( $n=0$ ), rekomendasi nilai  $a_s=0,25$
- $b_s$  : fraksi dari *extraterrestrial radiation* yang sampai ke bumi pada saat cuaca cerah ( $n=N$ ), rekomendasi nilai  $b_s=0,5$
- $G_{sc}$  : *solar constant* =  $0,0820 \text{ [MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}]$
- $d_r$  : *inverse relative distance Earth-sun*
- $\delta$  : *solar declination* [rad]
- $\omega_s$  : *sunset hour angle* [rad]
- $\Phi$  : *latitude* [rad]
- $R_{nl}$  : *net outgoing longwave radiation* [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ]
- $\sigma$  : tetapan Stefan-Boltzman [ $4,903 \times 10^{-9} \text{ MJ K}^{-4} \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ]
- $T_{\max, K}$  : temperatur absolut maksimum [ $\text{K} = ^\circ\text{C} + 273,16$ ]
- $T_{\min, K}$  : temperatur absolut minimum [ $\text{K} = ^\circ\text{C} + 273,16$ ]
- $R_s/R_{so}$  : *relative shortwave radiation* ( $\leq 1.0$ )
- $R_{so}$  : *clear-sky radiation* [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ]

Persamaan diatas menggunakan data klimatologi yakni radiasi matahari, temperatur, kelembaban dan kecepatan angin. Selanjutnya dilakukan perhitungan evapotranspirasi aktual dengan persamaan :

$$Ea = ETo - \left( ETo \left[ \frac{m}{20} \right] (18 - n) \right) \quad (3-33)$$

Keterangan:

Ea : evapotranspirasi aktual(mm)

ETo : evapotranspirasi potensial (ETo)

n : jumlah hari hujan

m : *exposed surface*

Tabel 3.1 *Exposed Surface*

No	m	Daerah
1	0%	Hutan Primer,sekunder
2	10-40%	Daerah Tererosi
3	30-50%	Daerah ladang pertanian

(Sumber : Sudirman ,2002)

### 3.4 Evaporasi dengan Metode Transfer Massa

Evaporasi dapat dihitung dengan beberapa metode, salah satunya metode Transfer Massa.

$$E = 0,35 \times (0,5 + 0,54u_z) \times (e_s - e_d) \quad (3-34)$$

$$e_d = r \times e_s \quad (3-35)$$

Keterangan :

E : evaporasi (mm/hari)

$u_z$  : kecepatan angin pada ketinggian  $z = 2m$  (m/s)

$e_s$  : tekanan uap jenuh (mm Hg)

$e_d$  : tekanan uap udara (mm Hg)

Tabel 3.2 Tekanan Uap Air Jenuh  $e_s$

Suhu	Tekanan Uap Air Jenuh $e_s$		
	mmHg	Mm Bar	Pa
10	9,2	12,27	1228
11	9,84	13,12	1313
12	10,52	14,02	1403
13	11,23	14,97	1498
14	11,98	15,97	1599
15	12,78	17,04	2706
16	13,63	18,17	1819
17	14,53	19,37	1938
18	15,46	20,61	2065
19	16,46	21,94	2198
20	17,53	23,37	2339
21	18,65	24,86	2488
22	19,82	26,42	2645
23	21,05	28,06	2810
24	22,27	29,69	2985
25	23,75	31,66	3169
26	25,31	33,74	3363
27	26,74	35,65	3567
28	28,32	37,76	2781
29	30,03	40,03	4007
30	31,82	42,42	4244
31	33,70	44,93	4494
32	35,66	47,54	4756
33	37,73	50,30	5023
34	39,9	53,19	5321
35	42,18	56,23	5625

(sumber : Bambang Triatmodjo, 2010)

### 3.5 Kajian Prediksi

Tujuan kajian peramalan ini untuk memperkirakan nilai di masa mendatang. Analisis kajian prediksi dilakukan dengan bantuan *Forecast* fungsi *ETS (Exponential Triple Smoothing)* pada *Microsoft Excel 2016*.

### 3.6 Kebutuhan Air

#### 3.6.1. Kebutuhan air irigasi

Menurut SNI 19-6728.1-2002, standar kebutuhan air untuk irigasi sebesar 1 liter/det/ha.

#### 3.6.2. Kebutuhan air non-irigasi

Kebutuhan air non-irigasi mencakup kebutuhan air peternakan, kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non-domestik. Data kebutuhan air untuk peternakan ditentukan sesuai dengan data yang digunakan oleh Nippon Koei Co., Ltd (1993) dalam Bambang Triatmodjo (2010) sebagai berikut

Tabel 3.3 Kebutuhan Air Untuk Ternak

Jenis Ternak	Kebutuhan Air (lt/kepala/hari)
Sapi/kerbau/kuda	40
Kambing/domba	5
Babi	6
Unggas	0,6

(sumber : Bambang Triatmodjo, 2010)

Kebutuhan air domestik tergantung pada jumlah penduduk pada suatu wilayah. Untuk mengetahui penentuan kebutuhan air tiap-tiap kategori dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut



Tabel 3.4 Kategori Kebutuhan Air Domestik

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah 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 umum (HU) l/o/h	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40
3	Konsumsi unit non domestik l/o/h (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,35	1,15-1,25	1,15-1,25
6	Faktor jam puncak	1,75-1,25	1,75-2,0	1,75-2,0	1,75	1,75
7	Jumlah Jiwa per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah Jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir (% max day demand)	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 Dinas PU, 1996)

Sedangkan kebutuhan air non domestik berdasarkan data-data jumlah fasilitas sosial dan ekonomi yang ada pada wilayah perencanaan. Kebutuhan air non domestik untuk kota dapat dibagi dalam beberapa kategori antara lain:

- a. Kota Kategori I (Metro)
- b. Kota Kategori II (Kota Besar)
- c. Kota Kategori III (Kota Sedang)
- d. Kota Kategori IV (Kota Kecil)
- e. Kota Kategori V (Desa)

Kebutuhan air bersih non domestik untuk kategori I sampai dengan V dan beberapa sektor lain adalah sebagai berikut:

Tabel 3.5 Kebutuhan Air Non Domestik Kota Kategori I, II, III dan IV

No	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	2000	Liter/hari
4	Masjid	3000	Liter/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
7	Hotel	150	Liter/bed/hari
8	Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
9	Kompleks Militer	60	Liter/orang/hari
10	Kawasan Industri	0,2-0,8	Liter/detik/hari
11	Kawasan Pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

(Sumber : Ditjen Cipta Karta, 2000)

Tabel 3.6 Kebutuhan Non Domestik Kategori V

No	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	5	Liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	1200	Liter/hari
4	Hotel/losmen	90	Liter/hari
5	Komersial/Industri	10	Liter/hari

(Sumber : Ditjen Cipta Karya, 2000)

Tabel 3.7 Kebutuhan Non Domestik Kategori Lain

No	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Lapangan Terbang	10	Liter/det
2	Pelabuhan	50	Liter/det
3	Stasiun KA-Terminal Bus	1200	Liter/det
4	Kawasan Industri	0,75	Liter/det/ha

(Sumber : Ditjen Cipta Karya, 2000)

### 3.7 Simulasi Operasi Waduk Metode *Standard Operating Rule*

*Standard Operating Rule* (SOR) adalah suatu pendekatan untuk melakukan pengaturan pelepasan waduk multi guna. Penerapan model simulasi pada waduk untuk mengetahui keandalan waduk terhadap *release* (pelepasan/keluaran) dengan pendekatan pola pemanfaatan waduk/*reservoir* (Fadilla Sabri, 2008) dalam (A Syah, 2014). Simulasi tampungan waduk dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{t+1} = S_t + I_t - E_t - O_t \quad (3-36)$$

$$0 \leq S_t \leq Kw$$

Keterangan:

$t$  : jumlah diskret waktu (24 periode; 15 harian)

$S_{t+1}$  : tampungan (*storage*) waduk saat awal ke- $t$  ( $m^3$ )

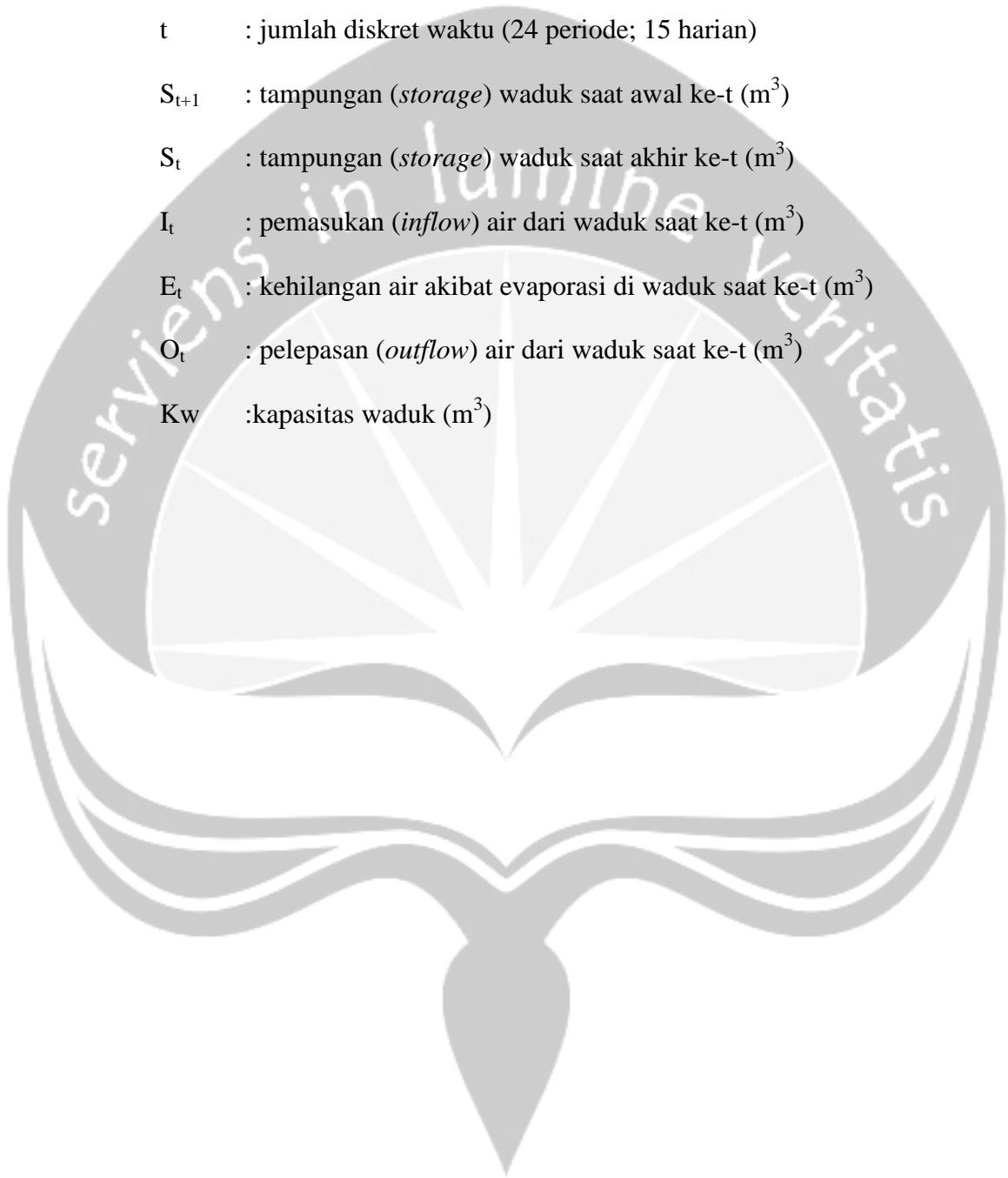
$S_t$  : tampungan (*storage*) waduk saat akhir ke- $t$  ( $m^3$ )

$I_t$  : pemasukan (*inflow*) air dari waduk saat ke- $t$  ( $m^3$ )

$E_t$  : kehilangan air akibat evaporasi di waduk saat ke- $t$  ( $m^3$ )

$O_t$  : pelepasan (*outflow*) air dari waduk saat ke- $t$  ( $m^3$ )

$Kw$  : kapasitas waduk ( $m^3$ )



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis neraca air di Waduk Gongseng Bojonegoro dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Luas *catchment area* yang telah diolah menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.2.2* sebesar 52,845 km<sup>2</sup>.
2. Perhitungan evapotranspirasi dengan menggunakan perangkat lunak *CROPWAT 8.0 (Penman Monteith)* dan metode *Penman Monteith* yang dihitung secara manual tidak memiliki perbedaan hasil yang signifikan, maka perhitungan Eto pada perangkat lunak *CROPWAT 8.0* dapat digunakan.
3. Ketersediaan air waduk Gongseng dinyatakan dengan debit kontinyu yang dihitung dengan menggunakan metode *Mock* yang memiliki nilai korelasi 0,9 pada tahap kalibrasi (tahun 2011-2012) dan nilai korelasi 0,76 pada tahap verifikasi (tahun 2013). Parameter yang telah didapatkan pada tahap kalibrasi dan verifikasi digunakan untuk mencari debit kontinyu tahun 2014-2016 dengan memasukkan data hujan dan evapotranspirasi aktual pada tahun tersebut.
4. Debit kontinyu pada tahun 2017-2022 menggunakan *forecast* fungsi *ETS (Exponential Triple Smoothing)*, hasil *forecast* debit kontinyu hingga tahun 2022 cenderung mengalami kenaikan.

5. Kebutuhan air yang dihitung adalah kebutuhan air irigasi dan non irigasi (peternakan, domestik, dan non-domestik). Kebutuhan air irigasi untuk target *release* sebesar 100%. Kebutuhan air peternakan dan non domestik dianggap konstan setiap tahun sedangkan kebutuhan air domestik menggunakan data pertumbuhan penduduk, namun dengan pertumbuhan penduduk yang relatif kecil maka kebutuhan air domestik setiap tahun relatif sama. Jumlah ketersediaan dan kebutuhan air Waduk Gongseng dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 6.1 Ketersediaan dan Kebutuhan Air Waduk Gongseng

Tahun	Ketersediaan Air (MCM)	Kebutuhan Air (MCM)
2011	38,378	90,211
2012	39,908	90,211
2013	44,824	90,211
2014	39,908	90,211
2015	50,299	90,211
2016	53,259	90,211
2017	64,070	90,211
2018	67,264	90,211
2019	70,458	90,211
2020	73,924	90,211
2021	77,030	90,211
2022	80,041	90,211

6. Kapasitas suplai air di Waduk Gongseng tidak mencukupi untuk memenuhi 100% kebutuhan air irigasi pada daerah layanan irigasi Waduk Gongseng.
7. Kemampuan optimal target *release* Waduk Gongseng sebesar 36,505% terhadap kebutuhan irigasi seluruh daerah irigasi dengan tingkat reliabilitas sebesar 100% dan tingkat reliabilitas terhadap non-irigasi sebesar 100%.

## 6.2. Saran

Saran yang dapat penulis berikan setelah melihat hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya kajian mengenai kebutuhan air irigasi dengan memperhatikan modifikasi pola tanam dan jadwal tanam yang tidak dibahas pada penelitian tugas akhir ini. Hal ini bertujuan agar perhitungan kebutuhan air irigasi lebih akurat.
2. Perlu adanya kajian dengan jumlah data yang lebih banyak diperlukan untuk memberikan hasil yang lebih baik atau mendekati kondisi realita di lapangan.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kajian mengenai sedimentasi di waduk karena berhubungan dengan kapasitas tampungan waduk.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Adiningrum, Cita., 2015, Analisis Perhitungan Evapotranspirasi Aktual Terhadap Perkiraan Debit Kontinyu dengan Metode Mock, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, vol.13, no.2 pp.148-162.
- Aji, Kris Bayu., 2006, Pembuatan Model Simulasi Untuk Penetapan Kapasitas Suplai Waduk Sermo Kabupaten Kulon Progo Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, *Laporan Tugas Akhir Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*, Yogyakarta.
- Allen, R.G., Luis, S.P., Dirk, R., and Martin, S., 1990, *FAO Irrigation and Drainage Paper No.56 "Guidelines for Computing Crop Water Requirements"*.
- Arbino, Madra., 2016, Model Simulasi Pengaturan Air Waduk Sermo Untuk Optimasi Alokasi Air Irigasi, *Laporan Tugas Akhir Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*, Yogyakarta.
- Balai Besar Sungai Bengawan Solo., 2016, *Profil dan Kegiatan Strategis Balai Besar Sungai Bengawan Solo 2016*, Sukoharjo, BBWS Bengawan Solo.
- Bisri, Mohammad., 2009, *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Asrori, Malang.
- Badan Pusat Statistik, 2017, *Kecamatan Temayang dalam Angka*. Badan Pusat Statistik, Bojonegoro.



Davidoff, Dicky., 2015, Analisis *Water Balance* DAS Serayu Berdasarkan Debit Sungai Utama, *Laporan Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, Yogyakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2000, *Petunjuk Teknis Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan*, Jakarta.

Dinas Komunikasi dan Informatika Jawa Timur, diakses 2 Maret 2018, <http://kominfo.jatimprov.go.id/read/umum/pembangunan-waduk-gongseng-di-bojonegoro-capai-47-93->

Harto, Sri, 1983., *Mengenal Dasar Dasar Hidrologi Terapan*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Yogyakarta.

Kesuma, Gideon B., 2016., Evaluasi Perhitungan Neraca Air Pembangunan Waduk Pasuruhan, Kabupaten Magelang, *Laporan Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, Yogyakarta

Linsey, dkk., 1985, *Teknik Sumber Daya Air*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Mock, F.J., *Land Capability Appraisal Indonesia. Water Availability Appraisal, Report Prepared for the Land Capability Appraisal Project*, Bogor-Indonesia

PT. Ika Adya Perkasa, 2011, *Laporan Hidrologi-Review FS dan Detail Desain Waduk Gongseng Kabupaten Bojonegoro*, PT. Ika Adya Perkasa, Malang.

Setiawan, Agung., 2007, Kajian Keandalan Waduk Sempor, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Mataram*, vol. 7, no. 3.

SNI 19-6728.1-2002, 2002, Penyusunan Neraca Sumber Daya – Bagian 1: Sumber Daya Air Spasial, Badan Standardisasi Nasional.

Syah, Akbar., 2014, Analisis Ketersediaan dan Pemanfaatan Air Kolong Simpur Kecamatan Pemali, *Jurnal Forum Profesional Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung Jurnal*, vol. 2, no.1.

Tim Penyusun., 2009, *Petunjuk Praktikum Sistem Informasi Geografis Pemodelan Spasial*, Laboratorium Sistem Informasi Geografis, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang, 2010, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.

Wirnatama, Hilarius S.R., Kajian Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Bendung Sapon, *Laporan Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, Yogyakarta

# LAMPIRAN



## LAMPIRAN A.1

## Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2012

Tahun	Bulan	Sta. Tretes		Sta. Sugihan		Sta. Gangseng		Curah Hujan Rerata
		CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	
2012	Januari	230	0,039	310	0,187	345	0,774	333,924
	Februari	321	0,039	245	0,187	287	0,774	280,497
	Maret	187	0,039	74	0,187	231	0,774	199,940
	April	130	0,039	148	0,187	123	0,774	127,946
	Mei	64	0,039	12	0,187	102	0,774	83,691
	Juni	6	1,000	0	0,187	0	0,774	6,000
	Juli	0	1,000	0	0,187	0	0,774	0,000
	Agustus	0	1,000	0	0,187	0	0,774	0,000
	September	0	1,000	0	0,187	0	0,774	0,000
	Oktober	95	1,000	0	0,187	0	0,774	95,000
	November	162	1,000	0	0,187	0	0,774	162,000
	Desember	295	1,000	0	0,187	0	0,774	295,000

## LAMPIRAN A.2

## Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2013

Tahun	Bulan	Sta. Tretes		Sta. Sugihan		Sta. Gangseng		Curah Hujan Rerata
		CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	
2013	Januari	297	0,039	178	0,187	365	0,774	327,390
	Februari	324	0,039	265	0,187	222	0,774	234,057
	Maret	256	0,039	331	0,187	412	0,774	390,715
	April	377	0,039	360	0,187	413	0,774	401,680
	Mei	217	0,039	301	0,187	216	0,774	231,915
	Juni	103	0,039	157	0,187	215	0,774	199,747
	Juli	50	0,039	14	0,187	51	0,774	44,050
	Agustus	30	0,039	3	0,187	32	0,774	26,505
	September	0	0,039	0	0,187	0	0,774	0,000
	Oktober	43	0,039	27	0,187	52	0,774	46,975
	November	279	0,039	168	0,187	367	0,774	326,359
	Desember	251	0,039	417	0,187	294	0,774	315,276

## LAMPIRAN A.3

## Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2014

Tahun	Bulan	Sta. Tretes		Sta. Sugihan		Sta. Gangseng		Curah Hujan Rerata
		CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	
2014	Januari	141	0,039	141	0,187	177	0,774	168,855
	Februari	190	0,039	190	0,187	360	0,774	321,539
	Maret	254	0,039	254	0,187	519	0,774	459,046
	April	437	0,039	439	0,187	560	0,774	532,546
	Mei	48	0,039	78	0,187	74	0,774	73,721
	Juni	70	0,039	50	0,187	36	0,774	39,957
	Juli	32	0,039	0	0,187	68	0,774	53,879
	Agustus	0	0,039	0	0,187	0	0,774	0,000
	September	0	0,039	0	0,187	0	0,774	0,000
	Oktober	0	0,039	0	0,187	0	0,774	0,000
	November	205	0,039	225	0,187	207	0,774	210,283
	Desember	275	0,039	414	0,187	338	0,774	349,708

## LAMPIRAN A.4

## Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2015

Tahun	Bulan	Sta. Tretes		Sta. Sugihan		Sta. Gangseng		Curah Hujan Rerata
		CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	
2015	Januari	206	0,039	490	0,187	288	0,774	322,492
	Februari	371	0,039	519	0,187	534	0,774	524,765
	Maret	158	0,039	250	0,187	208	0,774	213,871
	April	249	0,039	231	0,187	185	0,774	196,117
	Mei	61	0,039	96	0,187	45	0,774	55,157
	Juni	33	0,039	0	0,187	31	0,774	25,289
	Juli	0	0,039	0	0,187	0	0,774	0,000
	Agustus	0	0,039	0	0,187	0	0,774	0,000
	September	0	0,039	0	0,187	0	0,774	0,000
	Oktober	0	0,039	0	0,187	0	0,774	0,000
	November	114	0,039	129	0,187	218	0,774	197,273
	Desember	240	0,039	416	0,187	409	0,774	403,638

## LAMPIRAN A.5

## Perhitungan Curah Hujan Bulanan Tahun 2016

Tahun	Bulan	Sta. Tretes		Sta. Sugihan		Sta. Gangseng		Curah Hujan Rerata
		CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	CH (mm)	Proporsi Luasan	
2016	Januari	233	0,039	379	0,187	343	0,774	345,383
	Februari	243	0,039	464	0,187	253	0,774	292,015
	Maret	259	0,039	355	0,187	321	0,774	324,903
	April	101	0,039	243	0,187	146	0,774	162,341
	Mei	131	0,039	281	0,187	132	0,774	159,790
	Juni	130	0,039	272	0,187	123	0,774	151,106
	Juli	51	0,039	139	0,187	47	0,774	64,341
	Agustus	15	0,039	22	0,187	12	0,774	13,986
	September	45	0,039	77	0,187	43	0,774	49,429
	Oktober	109	0,039	229	0,187	146	0,774	160,042
	November	501	0,039	535	0,187	484	0,774	494,196
	Desember	211	0,039	399	0,187	231	0,774	261,589



## LAMPIRAN B.1

*Monthly Penman Monteith Tahun 2011*

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun %	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	22.8	32.8	97	19	24	14.4	3.19
February	24.5	33.1	95	18	33	16.1	3.58
March	25.3	33.8	98	14	41	17.1	3.84
April	25.0	33.6	98	15	38	15.4	3.42
May	25.1	33.5	99	15	17	10.8	2.44
June	23.5	33.8	97	22	9	9.0	2.04
July	24.1	34.3	97	31	13	9.8	2.24
August	24.9	35.2	96	34	49	16.9	3.74
September	25.6	35.9	96	45	82	24.1	5.34
October	25.4	36.2	97	43	59	20.8	4.72
November	24.5	33.9	98	3	43	17.9	4.01
December	24.8	34.2	98	2	37	16.8	3.81
Average	24.6	34.2	97	22	37	15.8	3.53

## LAMPIRAN B.2

*Monthly Penman Monteith Tahun 2012*

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun %	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	24.4	33.4	98	8	29	15.4	3.46
February	25.1	34.0	98	10	47	18.9	4.26
March	24.9	33.7	98	9	46	18.0	4.03
April	25.4	34.4	97	14	52	18.0	4.02
May	24.7	34.4	97	14	9	9.6	2.22
June	23.3	33.7	97	17	8	8.8	1.99
July	23.9	34.8	96	23	12	9.7	2.23
August	24.7	35.9	93	31	39	15.1	3.43
September	24.9	36.7	96	41	75	22.8	5.12
October	25.4	36.5	96	26	59	20.9	4.78
November	25.1	35.4	97	3	47	18.8	4.28
December	24.6	33.8	97	8	53	19.8	4.38
Average	24.7	34.7	97	17	40	16.3	3.68

## LAMPIRAN B.3

*Monthly Penman Monteith Tahun 2013*

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun %	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	25.1	33.3	97	26	37	16.9	3.75
February	25.3	33.7	98	18	42	17.9	4.01
March	25.4	34.3	98	20	50	18.8	4.22
April	25.3	33.8	98	20	44	16.6	3.68
May	25.4	33.8	97	17	13	10.1	2.34
June	25.2	33.2	97	13	6	8.4	1.98
July	24.2	33.1	97	16	11	9.6	2.17
August	24.2	34.8	96	27	45	16.1	3.55
September	25.0	36.0	96	30	78	23.4	5.22
October	25.8	37.0	96	38	65	22.0	5.04
November	25.2	35.1	95	16	46	18.6	4.22
December	24.9	33.0	97	6	34	16.2	3.65
Average	25.1	34.3	97	21	39	16.2	3.65

## LAMPIRAN B.4

*Monthly Penman Monteith Tahun 2014*

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun %	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	24.5	32.3	98	15	35	16.4	3.62
February	24.8	33.1	97	8	36	16.8	3.75
March	25.0	34.7	96	14	60	20.9	4.65
April	24.8	34.6	97	14	50	17.6	3.90
May	25.3	34.7	94	17	18	10.9	2.50
June	24.9	34.5	97	18	60	17.0	3.66
July	24.2	33.1	97	16	11	9.6	2.17
August	24.2	34.9	96	26	45	16.1	3.55
September	25.0	36.0	96	30	78	23.4	5.22
October	25.8	37.0	96	38	65	22.0	5.04
November	25.2	35.1	95	16	46	18.6	4.22
December	24.9	33.0	97	6	34	16.2	3.65
Average	24.9	34.4	96	18	45	17.1	3.83

## LAMPIRAN B.5

*Monthly Penman Monteith Tahun 2015*

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun %	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	24.6	34.5	98	3	46	18.6	4.18
February	24.4	33.6	98	6	37	16.9	3.76
March	25.0	35.1	98	4	50	18.9	4.26
April	24.6	34.4	98	5	43	16.4	3.66
May	24.2	34.6	98	5	53	16.6	3.64
June	23.9	33.4	98	5	49	15.1	3.23
July	23.8	33.9	98	8	63	17.5	3.70
August	25.2	34.6	96	15	47	16.3	3.58
September	25.7	35.5	97	17	64	20.9	4.72
October	25.5	34.5	98	14	37	16.7	3.79
November	25.4	34.7	97	1	35	16.4	3.77
December	24.8	33.2	98	1	22	13.8	3.14
Average	24.8	34.3	98	7	45	17.0	3.79

## LAMPIRAN B.6

*Monthly Penman Monteith Tahun 2016*

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun %	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	24.6	34.5	98	3	46	18.6	4.08
February	24.4	33.6	98	6	37	16.9	3.76
March	25.0	35.1	98	4	50	18.9	4.06
April	24.6	34.4	98	5	43	16.4	3.66
May	24.2	34.6	98	5	53	16.6	3.35
June	23.9	33.4	98	5	49	15.1	3.23
July	23.8	33.9	98	8	63	17.5	3.70
August	25.2	34.6	96	15	47	16.3	3.58
September	25.7	35.5	97	17	64	20.9	4.72
October	25.5	34.5	98	14	37	16.7	3.79
November	25.4	34.7	97	1	35	16.4	3.77
December	24.8	33.2	98	1	22	13.8	3.14
Average	24.8	34.3	98	7	45	17.0	3.79

## LAMPIRAN C.1

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial *Penman Monteith* 2011

Latitude	7°21'S												
Radian	-0,128												
		<b>Jan-11</b>	<b>Feb-11</b>	<b>Mar-11</b>	<b>Apr-11</b>	<b>Mei-11</b>	<b>Jun-11</b>	<b>Jul-11</b>	<b>Agust-11</b>	<b>Sep-11</b>	<b>Okt-11</b>	<b>Nop-11</b>	<b>Des-11</b>
		<b>31</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>
z	m	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P	kPa	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946
$\gamma$	kPa/°C	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
<b>Air Temperature</b>													
T <sub>max</sub>	°C	32,8	33,4	33,8	33,6	33,5	33,8	35	34,9	35,9	36,2	33,9	34,2
T <sub>min</sub>	°C	22,8	24,8	25,6	25	25,1	23,6	25	24,9	25,5	25,4	24,5	24,8
T <sub>mean</sub>	°C	27,8	29,1	29,7	29,3	29,3	28,7	30	29,9	30,7	30,8	29,2	29,5
<b>Air Humidity</b>													
Rh <sub>mean</sub>	%	96,5	97,2	97,7	98,6	99,2	97,6	97	96,5	95,9	97	98,4	98,3
e°(T <sub>max</sub> )	kPa	4,974	5,144	5,260	5,202	5,173	5,260	5,623	5,592	5,908	6,007	5,290	5,379
e°(T <sub>min</sub> )	kPa	2,776	3,130	3,283	3,168	3,187	2,913	3,168	3,149	3,263	3,244	3,075	3,130
e <sub>s</sub>	kPa	3,875	4,137	4,272	4,185	4,180	4,087	4,395	4,370	4,586	4,625	4,182	4,255
$\Delta$	kPa/°C	0,218	0,233	0,240	0,235	0,235	0,228	0,243	0,242	0,252	0,253	0,234	0,237
e <sub>a</sub>	kPa	2,678	3,043	3,207	3,123	3,161	2,843	3,073	3,039	3,130	3,147	3,025	3,077

	Jan-11	Feb-11	Mar-11	Apr-11	Mei-11	Jun-11	Jul-11	Agust-11	Sep-11	Okt-11	Nop-11	Des-11
<b>Radiation</b>												
J	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
$d_r$	1,028	1,017	1,001	0,984	0,972	0,967	0,971	0,983	1,000	1,016	1,028	1,033
$\delta$ rad	-0,309	-0,150	0,065	0,256	0,383	0,404	0,316	0,140	-0,068	-0,264	-0,384	-0,402
$\omega_s$ rad	1,612	1,590	1,562	1,537	1,519	1,516	1,529	1,553	1,580	1,606	1,623	1,626
$\sin(\phi)\sin(\delta)$	0,039	0,019	-0,008	-0,032	-0,048	-0,050	-0,040	-0,018	0,009	0,033	0,048	0,050
$\cos(\phi)\cos(\delta)$	0,945	0,981	0,990	0,960	0,920	0,912	0,943	0,982	0,989	0,957	0,920	0,913
$G_{sc}$ MJ/m <sup>2</sup> /day	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
Ra hour	38,914	38,654	36,737	33,638	30,910	30,323	32,164	35,271	37,691	38,602	38,504	38,541
N %	12,315	12,148	11,936	11,742	11,603	11,578	11,678	11,861	12,067	12,266	12,398	12,420
n hour	24,5	31,6	36,5	36,3	13,2	6,4	12,7	49,1	81,7	57,3	39,7	36,6
n MJ/m <sup>2</sup> /day	2,940	3,792	4,380	4,356	1,584	0,768	1,524	5,892	9,804	6,876	4,764	4,392
$R_s$ MJ/m <sup>2</sup> /day	14,374	15,696	15,925	14,649	9,837	8,586	10,140	17,578	24,734	20,470	17,024	16,450
$R_{so}$ MJ/K <sup>4</sup> /m <sup>2</sup> /day	29,209	29,014	27,574	25,249	23,201	22,760	24,143	26,474	28,291	28,975	28,901	28,929
$\sigma$ MJ/m <sup>2</sup> /day	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09
$\sigma(T_{max}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	42,966	43,304	43,530	43,417	43,360	43,530	44,215	44,157	44,734	44,907	43,587	43,757
$\sigma(T_{min}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	37,618	38,645	39,062	38,749	38,801	38,026	38,749	38,697	39,009	38,957	38,490	38,645
$(0,34-0,14*e_a^{0,5})$	0,111	0,096	0,089	0,093	0,091	0,104	0,095	0,096	0,092	0,092	0,096	0,094
$R_s/R_{so}$	0,492	0,541	0,578	0,580	0,424	0,377	0,420	0,664	0,874	0,706	0,589	0,569
$1,35*R_s/R_{so}-0,35$	0,314	0,380	0,430	0,433	0,222	0,159	0,217	0,546	0,830	0,604	0,445	0,418

		<b>Jan-11</b>	<b>Feb-11</b>	<b>Mar-11</b>	<b>Apr-11</b>	<b>Mei-11</b>	<b>Jun-11</b>	<b>Jul-11</b>	<b>Agust-11</b>	<b>Sep-11</b>	<b>Okt-11</b>	<b>Nop-11</b>	<b>Des-11</b>
$R_{nl}$		1,404	1,493	1,584	1,648	0,832	0,675	0,851	2,172	3,210	2,320	1,763	1,625
$R_{ns}$		11,068	12,086	12,262	11,280	7,575	6,611	7,808	13,535	19,045	15,762	13,108	12,666
$R_n$		9,663	10,593	10,678	9,632	6,743	5,936	6,956	11,363	15,835	13,441	11,345	11,042
G		-0,063	0,133	0,014	-0,028	-0,042	0,049	0,084	0,049	0,063	-0,105	-0,091	-0,0245
<b>Wind Speed</b>													
$u_z$	km/day	18,5	17,8	13,9	14,5	14,8	21,3	29,8	34,3	44,8	43,3	2,4	1,7
$u_z$	m/s	0,214	0,206	0,161	0,168	0,171	0,247	0,345	0,397	0,519	0,501	0,028	0,020
Faktor konversi		0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
$u_2$	m/s	0,137	0,132	0,103	0,107	0,110	0,158	0,221	0,254	0,332	0,320	0,018	0,013
ET <sub>o</sub>	Mm/day	<b>3,115</b>	<b>3,374</b>	<b>3,444</b>	<b>3,116</b>	<b>2,209</b>	<b>1,965</b>	<b>2,347</b>	<b>3,762</b>	<b>5,258</b>	<b>4,559</b>	<b>3,634</b>	<b>3,526</b>

## LAMPIRAN C.2

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial *Penman Monteith* 2012

Latitude	7°21'S												
Radian	-0,128												
		<b>Jan-12</b>	<b>Feb-12</b>	<b>Mar-12</b>	<b>Apr-12</b>	<b>Mei-12</b>	<b>Jun-12</b>	<b>Jul-12</b>	<b>Agust-12</b>	<b>Sep-12</b>	<b>Okt-12</b>	<b>Nop-12</b>	<b>Des-12</b>
		<b>31</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>
z	m	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P	kPa	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946
$\gamma$	kPa/°C	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
<b>Air Temperature</b>													
T <sub>max</sub>	°C	33,3	34	33,7	34,4	34	33,8	34,8	35,9	36,7	36,5	35,4	33,8
T <sub>min</sub>	°C	24,4	25,1	24,9	25,4	24,7	18,8	23,9	24,7	24,9	25,4	25,1	24,6
T <sub>mean</sub>	°C	28,85	29,55	29,3	29,9	29,35	26,3	29,35	30,3	30,8	30,95	30,25	29,2
<b>Air Humudity</b>													
Rh <sub>mean</sub>	%	97,5	98	98,1	97,1	97,3	97,1	96,1	95,8	95,8	96,2	96,7	96,9
e°(T <sub>max</sub> )	kPa	5,115	5,319	5,231	5,439	5,319	5,260	5,561	5,908	6,173	6,106	5,748	5,260
e°(T <sub>min</sub> )	kPa	3,056	3,187	3,149	3,244	3,112	2,170	2,966	3,112	3,149	3,244	3,187	3,093
e <sub>s</sub>	kPa	4,086	4,253	4,190	4,341	4,215	3,715	4,263	4,510	4,661	4,675	4,467	4,177
$\Delta$	kPa/°C	0,230	0,238	0,235	0,242	0,236	0,202	0,236	0,247	0,253	0,255	0,246	0,234
e <sub>a</sub>	kPa	2,980	3,123	3,089	3,150	3,028	2,107	2,850	2,981	3,017	3,121	3,082	2,997

	Jan-12	Feb-12	Mar-12	Apr-12	Mei-12	Jun-12	Jul-12	Agust-12	Sep-12	Okt-12	Nop-12	Des-12
<b>Radiation</b>												
J	31	60	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
$d_r$	1,028	1,017	1,000	0,984	0,971	0,967	0,971	0,984	1,000	1,017	1,029	1,033
$\delta$ rad	-0,309	-0,143	0,072	0,261	0,385	0,403	0,311	0,133	-0,075	-0,269	-0,386	-0,401
$\omega_s$ rad	1,612	1,589	1,562	1,536	1,519	1,516	1,529	1,554	1,581	1,606	1,623	1,626
$\sin(\phi)\sin(\delta)$	0,039	0,039	0,018	-0,009	-0,033	-0,048	-0,050	-0,039	-0,017	0,010	0,034	0,048
$\cos(\phi)\cos(\delta)$	0,945	0,945	0,982	0,989	0,958	0,919	0,912	0,944	0,983	0,989	0,956	0,919
$G_{sc}$ MJ/m <sup>2</sup> /day	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
Ra hour	38,914	38,622	36,646	33,531	30,852	30,346	32,255	35,370	37,747	38,608	38,498	38,551
N %	12,315	12,142	11,929	11,736	11,601	11,580	11,683	11,868	12,074	12,272	12,401	12,418
n hour	29,1	44,2	41,2	48,2	9,42	8	12,3	39	74,77	59,2	47,3	52,8
n MJ/m <sup>2</sup> /day	3,492	5,304	4,944	5,784	1,130	0,960	1,476	4,680	8,972	7,104	5,676	6,336
$R_s$ MJ/m <sup>2</sup> /day	15,246	18,091	16,755	16,645	9,216	8,844	10,101	15,816	23,461	20,827	18,435	19,473
$R_{so}$ MJ/K <sup>4</sup> /m <sup>2</sup> /day	29,209	28,989	27,506	25,169	23,158	22,778	24,211	26,549	28,333	28,979	28,897	28,936
$\sigma$ MJ/m <sup>2</sup> /day	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09
$\sigma(T_{max}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	43,247	43,644	43,473	43,871	43,644	43,530	44,100	44,734	45,198	45,082	44,445	43,530
$\sigma(T_{min}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	38,438	38,801	38,697	38,957	38,593	35,625	38,180	38,593	38,697	38,957	38,801	38,541
$(0,34-0,14*e_a^{0,5})$	0,111	0,098	0,093	0,094	0,092	0,096	0,137	0,104	0,098	0,097	0,093	0,094
$R_s/R_{so}$	0,522	0,624	0,609	0,661	0,398	0,388	0,417	0,596	0,828	0,719	0,638	0,673
$1,35*R_s/R_{so}-0,35$	0,314	0,355	0,492	0,472	0,543	0,187	0,174	0,213	0,454	0,768	0,620	0,511



		<b>Jan-12</b>	<b>Feb-12</b>	<b>Mar-12</b>	<b>Apr-12</b>	<b>Mei-12</b>	<b>Jun-12</b>	<b>Jul-12</b>	<b>Agust-12</b>	<b>Sep-12</b>	<b>Okt-12</b>	<b>Nop-12</b>	<b>Des-12</b>
$R_{nl}$		1,424	1,880	1,823	2,058	0,742	0,943	0,909	1,860	3,119	2,415	2,005	2,237
$R_{ns}$		11,739	13,930	12,902	12,817	7,096	6,810	7,778	12,179	18,065	16,036	14,195	14,994
$R_n$		10,315	12,050	11,079	10,759	6,354	5,867	6,869	10,318	14,946	13,621	12,190	12,757
G		0,0035	0,0315	0,0245	0,0035	-0,252	-2,5E-16	0,28	0,1015	0,0455	-0,0385	-0,1225	-0,0735
<b>Wind Speed</b>													
$u_z$	km/day	7,3	9,46	11,3	14,2	14,2	17,4	23	31,1	41,3	26,13	3,54	8,35
$u_z$	m/s	0,084	0,109	0,131	0,164	0,164	0,201	0,266	0,360	0,478	0,302	0,041	0,097
Faktor konversi		0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
$u_2$	m/s	0,054	0,070	0,084	0,105	0,105	0,129	0,170	0,230	0,306	0,193	0,026	0,062
<b>ETo</b>	<b>Mm/day</b>	<b>3,282</b>	<b>3,856</b>	<b>3,546</b>	<b>3,490</b>	<b>2,163</b>	<b>1,931</b>	<b>2,222</b>	<b>3,443</b>	<b>5,008</b>	<b>4,535</b>	<b>3,963</b>	<b>4,096</b>

## LAMPIRAN C.3

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial *Penman Monteith* 2013

Latitude	7°21'S												
Radian	-0,128												
		<b>Jan-13</b>	<b>Feb-13</b>	<b>Mar-13</b>	<b>Apr-13</b>	<b>Mei-13</b>	<b>Jun-13</b>	<b>Jul-13</b>	<b>Agust-13</b>	<b>Sep-13</b>	<b>Okt-13</b>	<b>Nop-13</b>	<b>Des-13</b>
		<b>31</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>
z	m	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P	kPa	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946
$\gamma$	kPa/°C	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
<b>Air Temperature</b>													
T <sub>max</sub>	°C	33,3	33,7	34,3	33,8	33,8	33,2	33,1	34,9	36	37	35,1	33
T <sub>min</sub>	°C	25,1	25,3	25,4	25,3	25,4	24,4	23,4	24,2	25	25,8	25,2	24,9
T <sub>mean</sub>	°C	29,2	29,5	29,85	29,55	29,6	28,8	28,25	29,55	30,5	31,4	30,15	28,95
<b>Air Humudity</b>													
Rh <sub>mean</sub>	%	97,5	98	98,2	97,8	97,2	97,3	97,2	96,1	96,4	95,5	95,3	97,2
e°(T <sub>max</sub> )	kPa	5,115	5,231	5,409	5,260	5,260	5,087	5,058	5,592	5,941	6,275	5,654	5,030
e°(T <sub>min</sub> )	kPa	3,187	3,225	3,244	3,225	3,244	3,056	2,878	3,020	3,168	3,322	3,206	3,149
e <sub>s</sub>	kPa	4,151	4,228	4,326	4,243	4,252	4,072	3,968	4,306	4,554	4,798	4,430	4,090
$\Delta$	kPa/°C	0,234	0,237	0,242	0,238	0,239	0,229	0,223	0,238	0,249	0,261	0,245	0,231
e <sub>a</sub>	kPa	3,107	3,160	3,186	3,154	3,153	2,974	2,798	2,902	3,054	3,172	3,055	3,061

	Jan-13	Feb-13	Mar-13	Apr-13	Mei-13	Jun-13	Jul-13	Agust-13	Sep-13	Okt-13	Nop-13	Des-13
<b>Radiation</b>												
J	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
$d_r$	1,028	1,017	1,001	0,984	0,972	0,967	0,971	0,983	1,000	1,016	1,028	1,033
$\delta$ rad	-0,309	-0,150	0,065	0,256	0,383	0,404	0,316	0,140	-0,068	-0,264	-0,384	-0,402
$\omega_s$ rad	1,612	1,590	1,562	1,537	1,519	1,516	1,529	1,553	1,580	1,606	1,623	1,626
$\sin(\phi)\sin(\delta)$	0,039	0,039	0,019	-0,008	-0,032	-0,048	-0,050	-0,040	-0,018	0,009	0,033	0,048
$\cos(\phi)\cos(\delta)$	0,945	0,945	0,981	0,990	0,960	0,920	0,912	0,943	0,982	0,989	0,957	0,920
$G_{sc}$ MJ/m <sup>2</sup> /day	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
Ra hour	38,914	38,654	36,737	33,638	30,910	30,323	32,164	35,271	37,691	38,602	38,504	38,541
N %	12,315	12,148	11,936	11,742	11,603	11,578	11,678	11,861	12,067	12,266	12,398	12,420
n hour	33,4	39,2	49,7	37,1	13	5,6	11	44,7	78,14	64,6	46,21	29,8
n MJ/m <sup>2</sup> /day	4,008	4,704	5,964	4,452	1,560	0,672	1,320	5,364	9,377	7,752	5,545	3,576
$R_s$ MJ/m <sup>2</sup> /day	16,061	17,147	18,362	14,786	9,805	8,461	9,859	16,793	24,067	21,848	18,237	15,184
$R_{so}$ MJ/K <sup>4</sup> /m <sup>2</sup> /day	29,209	29,014	27,574	25,249	23,201	22,760	24,143	26,474	28,291	28,975	28,901	28,929
$\sigma$ MJ/m <sup>2</sup> /day	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09
$\sigma(T_{max}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	43,247	43,473	43,814	43,530	43,530	43,191	43,134	44,157	44,791	45,374	44,272	43,078
$\sigma(T_{min}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	38,801	38,905	38,957	38,905	38,957	38,438	37,924	38,335	38,749	39,166	38,853	38,697
$(0,34-0,14*e_a^{0,5})$	0,111	0,093	0,091	0,090	0,091	0,091	0,099	0,106	0,102	0,095	0,091	0,095
$R_s/R_{so}$	0,550	0,591	0,666	0,586	0,423	0,372	0,408	0,634	0,851	0,754	0,631	0,525
$1,35*R_s/R_{so}-0,35$	0,314	0,392	0,448	0,549	0,441	0,221	0,152	0,201	0,506	0,798	0,668	0,502

		<b>Jan-13</b>	<b>Feb-13</b>	<b>Mar-13</b>	<b>Apr-13</b>	<b>Mei-13</b>	<b>Jun-13</b>	<b>Jul-13</b>	<b>Agust-13</b>	<b>Sep-13</b>	<b>Okt-13</b>	<b>Nop-13</b>	<b>Des-13</b>
$R_{nl}$		1,500	1,681	2,048	1,659	0,831	0,611	0,863	2,120	3,180	2,559	1,988	1,394
$R_{ns}$		12,367	13,203	14,139	11,385	7,550	6,515	7,591	12,930	18,531	16,823	14,042	11,692
$R_n$		10,867	11,523	12,091	9,726	6,719	5,904	6,728	10,811	15,351	14,264	12,054	10,298
G		0,021	0,0455	0,0035	-0,0175	-0,0525	-0,0945	0,0525	0,1575	0,1295	-0,0245	-0,1715	-0,1225
<b>Wind Speed</b>													
$u_z$	km/day	22,8	18,52	19,8	20,3	17,2	13,1	16,2	26,4	29,8	37,86	16,99	5,87
$u_z$	m/s	0,264	0,214	0,229	0,235	0,199	0,152	0,188	0,306	0,345	0,438	0,197	0,068
Faktor konversi		0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
$u_2$	m/s	0,169	0,137	0,147	0,150	0,127	0,097	0,120	0,195	0,221	0,280	0,126	0,043
<b>ETo</b>	<b>Mm/day</b>	3,510	3,708	3,925	3,172	2,226	1,950	2,170	3,518	5,022	4,818	3,990	3,313

## LAMPIRAN C.4

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial *Penman Monteith* 2014

Latitude	7°21'S												
Radian	-0,128												
		<b>Jan-14</b>	<b>Feb-14</b>	<b>Mar-14</b>	<b>Apr-14</b>	<b>Mei-14</b>	<b>Jun-14</b>	<b>Jul-14</b>	<b>Agust-14</b>	<b>Sep-14</b>	<b>Okt-14</b>	<b>Nop-14</b>	<b>Des-14</b>
		<b>31</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>
z	m	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P	kPa	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946
$\gamma$	kPa/°C	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
<b>Air Temperature</b>													
T <sub>max</sub>	°C	32,3	43,8	34,8	34,6	34,7	34,5	33,1	34,9	36	37	35,1	33
T <sub>min</sub>	°C	24,5	24,8	25	24,8	25,3	24,1	23,4	24,2	25	25,8	25,2	24,9
T <sub>mean</sub>	°C	28,4	34,3	29,9	29,7	30	29,3	28,25	29,55	30,5	31,4	30,15	28,95
<b>Air Humudity</b>													
Rh <sub>mean</sub>	%	98	97,1	95,8	97,4	96,9	97	97,2	96,1	96,4	95,5	95,3	97,2
e°(T <sub>max</sub> )	kPa	4,836	9,007	5,561	5,500	5,530	5,469	5,058	5,592	5,941	6,275	5,654	5,030
e°(T <sub>min</sub> )	kPa	3,075	3,130	3,168	3,130	3,225	3,002	2,878	3,020	3,168	3,322	3,206	3,149
e <sub>s</sub>	kPa	3,955	6,068	4,364	4,315	4,377	4,236	3,968	4,306	4,554	4,798	4,430	4,090
$\Delta$	kPa/°C	0,225	0,300	0,242	0,240	0,243	0,235	0,223	0,238	0,249	0,261	0,245	0,231
e <sub>a</sub>	kPa	3,013	3,039	3,035	3,049	3,125	2,912	2,798	2,902	3,054	3,172	3,055	3,061

	Jan-14	Feb-14	Mar-14	Apr-14	Mei-14	Jun-14	Jul-14	Agust-14	Sep-14	Okt-14	Nop-14	Des-14
<b>Radiation</b>												
J	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
$d_r$	1,028	1,017	1,001	0,984	0,972	0,967	0,971	0,983	1,000	1,016	1,028	1,033
$\delta$ rad	-0,309	-0,150	0,065	0,256	0,383	0,404	0,316	0,140	-0,068	-0,264	-0,384	-0,402
$\omega_s$ rad	1,612	1,590	1,562	1,537	1,519	1,516	1,529	1,553	1,580	1,606	1,623	1,626
$\sin(\phi)\sin(\delta)$	0,039	0,039	0,019	-0,008	-0,032	-0,048	-0,050	-0,040	-0,018	0,009	0,033	0,048
$\cos(\phi)\cos(\delta)$	0,945	0,945	0,981	0,990	0,960	0,920	0,912	0,943	0,982	0,989	0,957	0,920
$G_{sc}$ MJ/m <sup>2</sup> /day	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
Ra hour	38,914	38,654	36,737	33,638	30,910	30,323	32,164	35,271	37,691	38,602	38,504	38,541
N %	12,315	12,148	11,936	11,742	11,603	11,578	11,678	11,861	12,067	12,266	12,398	12,420
n hour	28,9	33,8	60,5	49,6	12,5	60,6	6,1	44,7	78,1	64,6	46,2	29,8
n MJ/m <sup>2</sup> /day	3,468	4,056	7,260	5,952	1,500	7,272	0,732	5,364	9,372	7,752	5,544	3,576
$R_s$ MJ/m <sup>2</sup> /day	15,208	16,116	20,357	16,935	9,725	17,103	9,049	16,793	24,059	21,848	18,235	15,184
$R_{so}$ MJ/K <sup>4</sup> /m <sup>2</sup> /day	29,209	29,014	27,574	25,249	23,201	22,760	24,143	26,474	28,291	28,975	28,901	28,929
$\sigma$ MJ/m <sup>2</sup> /day	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09
$\sigma(T_{max}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	42,685	49,486	44,100	43,986	44,043	43,928	43,134	44,157	44,791	45,374	44,272	43,078
$\sigma(T_{min}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	38,490	38,645	38,749	38,645	38,905	38,283	37,924	38,335	38,749	39,166	38,853	38,697
$(0,34-0,14*e_a^{0,5})$	0,111	0,097	0,096	0,096	0,096	0,093	0,101	0,106	0,102	0,095	0,091	0,095
$R_s/R_{so}$	0,521	0,555	0,738	0,671	0,419	0,751	0,375	0,634	0,850	0,754	0,631	0,525
$1,35*R_s/R_{so}-0,35$	0,314	0,353	0,400	0,647	0,555	0,216	0,664	0,156	0,506	0,798	0,668	0,502

		<b>Jan-14</b>	<b>Feb-14</b>	<b>Mar-14</b>	<b>Apr-14</b>	<b>Mei-14</b>	<b>Jun-14</b>	<b>Jul-14</b>	<b>Agust-14</b>	<b>Sep-14</b>	<b>Okt-14</b>	<b>Nop-14</b>	<b>Des-14</b>
$R_{nl}$		1,389	1,690	2,574	2,193	0,828	2,761	0,669	2,120	3,178	2,559	1,987	1,394
$R_{ns}$		11,710	12,410	15,675	13,040	7,489	13,169	6,968	12,930	18,525	16,823	14,041	11,692
$R_n$		10,321	10,719	13,100	10,847	6,660	10,408	6,299	10,811	15,347	14,264	12,053	10,298
G		0,3745	0,105	-0,322	0,007	-0,028	-0,1225	0,0175	0,1575	0,1295	-0,0245	-0,1715	0,0245
<b>Wind Speed</b>													
$u_z$	km/day	15,5	8	13,5	14,3	16,4	17,59	16,2	26,4	29,8	37,9	17	5,9
$u_z$	m/s	0,179	0,093	0,156	0,166	0,190	0,204	0,188	0,306	0,345	0,439	0,197	0,068
Faktor konversi		0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
$u_2$	m/s	0,115	0,059	0,100	0,106	0,121	0,130	0,120	0,195	0,221	0,281	0,126	0,044
<b>ETo</b>	<b>Mm/day</b>	3,170	3,622	4,341	3,515	2,217	3,422	2,047	3,518	5,021	4,818	3,989	3,267

## LAMPIRAN C.5

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial *Penman Monteith* 2015

Latitude	7°21'S												
Radian	-0,128												
		<b>Jan-15</b>	<b>Feb-15</b>	<b>Mar-15</b>	<b>Apr-15</b>	<b>Mei-15</b>	<b>Jun-15</b>	<b>Jul-15</b>	<b>Agust-15</b>	<b>Sep-15</b>	<b>Okt-15</b>	<b>Nop-15</b>	<b>Des-15</b>
		<b>31</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>
z	m	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P	kPa	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946
$\gamma$	kPa/°C	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
<b>Air Temperature</b>													
T <sub>max</sub>	°C	35	33,7	34,3	34,2	33,4	33,9	34,2	33,1	34,9	36	36,8	36,6
T <sub>min</sub>	°C	26	25	24,3	24,2	23,5	22,3	23,4	24,2	25	23	23,2	22,1
T <sub>mean</sub>	°C	30,5	29,35	29,3	29,2	28,45	28,1	28,8	28,65	29,95	29,5	30	29,35
<b>Air Humidity</b>													
Rh <sub>mean</sub>	%	97,6	98	97,7	95,9	97,8	95,4	97,2	96,1	96,4	95,5	97,6	95,5
e°(T <sub>max</sub> )	kPa	5,623	5,231	5,409	5,379	5,144	5,290	5,379	5,058	5,592	5,941	6,207	6,139
e°(T <sub>min</sub> )	kPa	3,361	3,168	3,038	3,020	2,896	2,693	2,878	3,020	3,168	2,809	2,844	2,660
e <sub>s</sub>	kPa	4,492	4,199	4,223	4,199	4,020	3,991	4,128	4,039	4,380	4,375	4,525	4,400
$\Delta$	kPa/°C	0,249	0,236	0,235	0,234	0,225	0,221	0,229	0,227	0,243	0,237	0,243	0,236
e <sub>a</sub>	kPa	3,281	3,104	2,968	2,896	2,832	2,569	2,798	2,902	3,054	2,683	2,775	2,540



	Jan-15	Feb-15	Mar-15	Apr-15	Mei-15	Jun-15	Jul-15	Agust-15	Sep-15	Okt-15	Nop-15	Des-15
<b>Radiation</b>												
J	31	59	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
$d_r$	1,028	1,017	1,001	0,984	0,972	0,967	0,971	0,983	1,000	1,016	1,028	1,033
$\delta$ rad	-0,309	-0,150	0,065	0,256	0,383	0,404	0,316	0,140	-0,068	-0,264	-0,384	-0,402
$\omega_s$ rad	1,612	1,590	1,562	1,537	1,519	1,516	1,529	1,553	1,580	1,606	1,623	1,626
$\sin(\phi)\sin(\delta)$	0,039	0,039	0,019	-0,008	-0,032	-0,048	-0,050	-0,040	-0,018	0,009	0,033	0,048
$\cos(\phi)\cos(\delta)$	0,945	0,945	0,981	0,990	0,960	0,920	0,912	0,943	0,982	0,989	0,957	0,920
$G_{sc}$ MJ/m <sup>2</sup> /day	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
Ra hour	38,914	38,654	36,737	33,638	30,910	30,323	32,164	35,271	37,691	38,602	38,504	38,541
N %	12,315	12,148	11,936	11,742	11,603	11,578	11,678	11,861	12,067	12,266	12,398	12,420
n hour	39	56	47,8	51,6	67	53	6	44,7	78,1	59,2	62,82	38,1
n MJ/m <sup>2</sup> /day	4,680	6,720	5,736	6,192	8,040	6,360	0,720	5,364	9,372	7,104	7,538	4,572
$R_s$ MJ/m <sup>2</sup> /day	17,123	20,354	18,011	17,279	18,436	15,909	9,033	16,793	24,059	20,829	21,332	16,729
$R_{so}$ MJ/K <sup>4</sup> /m <sup>2</sup> /day	29,209	29,014	27,574	25,249	23,201	22,760	24,143	26,474	28,291	28,975	28,901	28,929
$\sigma$ MJ/m <sup>2</sup> /day	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09
$\sigma(T_{max}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	44,215	43,473	43,814	43,757	43,304	43,587	43,757	43,134	44,157	44,791	45,257	45,140
$\sigma(T_{min}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	39,271	38,749	38,386	38,335	37,975	37,364	37,924	38,335	38,749	37,720	37,822	37,263
$(0,34-0,14*e_a^{0,5})$	0,111	0,086	0,093	0,099	0,102	0,104	0,116	0,106	0,102	0,095	0,111	0,107
$R_s/R_{so}$	0,586	0,702	0,653	0,684	0,795	0,699	0,374	0,634	0,850	0,719	0,738	0,578
$1,35*R_s/R_{so}-0,35$	0,314	0,441	0,597	0,532	0,574	0,723	0,594	0,155	0,506	0,798	0,620	0,646

		<b>Jan-15</b>	<b>Feb-15</b>	<b>Mar-15</b>	<b>Apr-15</b>	<b>Mei-15</b>	<b>Jun-15</b>	<b>Jul-15</b>	<b>Agust-15</b>	<b>Sep-15</b>	<b>Okt-15</b>	<b>Nop-15</b>	<b>Des-15</b>
$R_{nl}$		1,592	2,291	2,160	2,397	3,067	2,778	0,670	2,093	3,154	2,833	2,867	2,074
$R_{ns}$		13,185	15,673	13,869	13,305	14,196	12,250	6,955	12,930	18,525	16,038	16,425	12,882
$R_n$		11,592	13,382	11,709	10,908	11,129	9,472	6,285	10,837	15,371	13,205	13,559	10,808
G		0,028	-0,084	-0,0105	-0,0595	-0,077	0,0245	0,0385	0,0805	0,0595	0,0035	-0,0105	-0,0315
<b>Wind Speed</b>													
$u_z$	km/day	3,5	12,8	8,5	7,1	14,8	13,4	16,2	26,4	29,25	50,5	32,54	2,68
$u_z$	m/s	0,041	0,148	0,098	0,082	0,171	0,155	0,188	0,306	0,339	0,584	0,377	0,031
Faktor konversi		0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
$u_2$	m/s	0,026	0,095	0,063	0,053	0,110	0,099	0,120	0,195	0,217	0,374	0,241	0,020
<b>ETo</b>	<b>Mm/day</b>	<b>3,731</b>	<b>4,313</b>	<b>3,754</b>	<b>3,508</b>	<b>3,581</b>	<b>3,031</b>	<b>2,060</b>	<b>3,487</b>	<b>4,999</b>	<b>4,488</b>	<b>4,530</b>	<b>3,461</b>

## LAMPIRAN C.6

Perhitungan Evapotranspirasi Potensial *Penman Monteith* 2016

Latitude	7°21'S												
Radian	-0,128												
		<b>Jan-16</b>	<b>Feb-16</b>	<b>Mar-16</b>	<b>Apr-16</b>	<b>Mei-16</b>	<b>Jun-16</b>	<b>Jul-16</b>	<b>Agust-16</b>	<b>Sep-16</b>	<b>Okt-16</b>	<b>Nop-16</b>	<b>Des-16</b>
		<b>31</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>31</b>
z	m	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
P	kPa	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946	100,946
$\gamma$	kPa/°C	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
<b>Air Temperature</b>													
T <sub>max</sub>	°C	34,5	33,6	35,1	34,4	34,6	33,4	33,9	34,6	35,5	34,5	34,7	33,2
T <sub>min</sub>	°C	24,6	24,4	25	24,6	24,2	23,9	23,8	25,2	25,7	25,5	25,4	24,8
T <sub>mean</sub>	°C	29,55	29	30,05	29,5	29,4	28,65	28,85	29,9	30,6	30	30,05	29
<b>Air Humidity</b>													
Rh <sub>mean</sub>	%	97,7	98	97,5	98,1	97,7	97,6	98	95,9	97	97,5	97,5	97,5
e°(T <sub>max</sub> )	kPa	5,469	5,202	5,654	5,439	5,500	5,144	5,290	5,500	5,780	5,469	5,530	5,087
e°(T <sub>min</sub> )	kPa	3,093	3,056	3,168	3,093	3,020	2,966	2,948	3,206	3,302	3,263	3,244	3,130
e <sub>s</sub>	kPa	4,281	4,129	4,411	4,266	4,260	4,055	4,119	4,353	4,541	4,366	4,387	4,109
$\Delta$	kPa/°C	0,238	0,231	0,244	0,237	0,236	0,227	0,230	0,242	0,251	0,243	0,244	0,231
e <sub>a</sub>	kPa	3,022	2,995	3,089	3,034	2,950	2,895	2,889	3,074	3,203	3,182	3,163	3,052

	Jan-16	Feb-16	Mar-16	Apr-16	Mei-16	Jun-16	Jul-16	Agust-16	Sep-16	Okt-16	Nop-16	Des-16
<b>Radiation</b>												
J	31	60	90	120	151	181	212	243	273	304	334	365
$d_r$	1,028	1,017	1,001	0,984	0,972	0,967	0,971	0,983	1,000	1,016	1,028	1,033
$\delta$ rad	-0,309	-0,143	0,065	0,256	0,383	0,404	0,316	0,140	-0,068	-0,264	-0,384	-0,402
$\omega_s$ rad	1,612	1,589	1,562	1,537	1,519	1,516	1,529	1,553	1,580	1,606	1,623	1,626
$\sin(\phi)\sin(\delta)$	0,039	0,039	0,018	-0,008	-0,032	-0,048	-0,050	-0,040	-0,018	0,009	0,033	0,048
$\cos(\phi)\cos(\delta)$	0,945	0,945	0,982	0,990	0,960	0,920	0,912	0,943	0,982	0,989	0,957	0,920
$G_{sc}$ MJ/m <sup>2</sup> /day	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082	0,082
Ra hour	38,914	38,622	36,737	33,638	30,910	30,323	32,164	35,271	37,691	38,602	38,504	38,541
N %	12,315	12,142	11,936	11,742	11,603	11,578	11,678	11,861	12,067	12,266	12,398	12,420
n hour	45,9	37,2	50,3	43,4	52,8	49,1	63,2	46,5	64,38	37,4	34,88	22,1
n MJ/m <sup>2</sup> /day	5,508	4,464	6,036	5,208	6,336	5,892	7,584	5,580	7,726	4,488	4,186	2,652
$R_s$ MJ/m <sup>2</sup> /day	18,431	16,755	18,473	15,869	16,167	15,296	18,485	17,114	21,488	16,712	16,125	13,750
$R_{so}$ MJ/K <sup>4</sup> /m <sup>2</sup> /day	29,209	28,989	27,574	25,249	23,201	22,760	24,143	26,474	28,291	28,975	28,901	28,929
$\sigma$ MJ/m <sup>2</sup> /day	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09	4,90E-09
$\sigma(T_{max}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	43,928	43,417	44,272	43,871	43,986	43,304	43,587	43,986	44,502	43,928	44,043	43,191
$\sigma(T_{min}),K$ MJ/m <sup>2</sup> /day	38,541	38,438	38,749	38,541	38,335	38,180	38,129	38,853	39,114	39,009	38,957	38,645
$(0,34-0,14*e_a^{0,5})$	0,111	0,097	0,098	0,094	0,096	0,100	0,102	0,102	0,095	0,089	0,090	0,091
$R_s/R_{so}$	0,631	0,578	0,670	0,629	0,697	0,672	0,766	0,646	0,760	0,577	0,558	0,475
$1,35*R_s/R_{so}-0,35$	0,314	0,502	0,430	0,554	0,498	0,591	0,557	0,684	0,523	0,675	0,429	0,403

		<b>Jan-16</b>	<b>Feb-16</b>	<b>Mar-16</b>	<b>Apr-16</b>	<b>Mei-16</b>	<b>Jun-16</b>	<b>Jul-16</b>	<b>Agust-16</b>	<b>Sep-16</b>	<b>Okt-16</b>	<b>Nop-16</b>	<b>Des-16</b>
$R_{nl}$		2,000	1,721	2,162	1,975	2,420	2,311	2,850	2,047	2,525	1,605	1,523	1,139
$R_{ns}$		14,192	12,901	14,224	12,219	12,448	11,778	14,234	13,178	16,546	12,869	12,417	10,588
$R_n$		12,192	11,181	12,062	10,245	10,029	9,467	11,384	11,131	14,020	11,264	10,894	9,449
G		-0,0245	0,035	0,035	-0,0455	-0,0595	-0,0385	0,0875	0,1225	0,007	-0,0385	-0,07	-0,0035
<b>Wind Speed</b>													
$u_z$	km/day	2,9	5,78	4,2	5,3	5,1	4,5	8	14,7	17,4	14,24	0,47	0,31
$u_z$	m/s	0,034	0,067	0,049	0,061	0,059	0,052	0,093	0,170	0,201	0,165	0,005	0,004
Faktor konversi		0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
$u_2$	m/s	0,021	0,043	0,031	0,039	0,038	0,033	0,059	0,109	0,129	0,105	0,003	0,002
<b>ETo</b>	<b>Mm/day</b>	<b>3,899</b>	<b>3,546</b>	<b>3,866</b>	<b>3,295</b>	<b>3,228</b>	<b>3,013</b>	<b>3,599</b>	<b>3,578</b>	<b>4,576</b>	<b>3,666</b>	<b>3,510</b>	<b>2,991</b>

**LAMPIRAN D**  
**Hitungan Simulasi Release Waduk Tahun 2011-2013**

NO	d[i]	t[i]	Inflow		Awal Bulan (t)			Akhir Bulan (t+1)			Evaporasi		Irigasi	Non-Irigasi	Target Release		dStore	Release Aktual		Spill		Check
			It <sub>d</sub>	It	EL1	S1	A1	EL2	S2	A2	E <sub>t</sub> <sub>d</sub>	E <sub>t</sub>	A <sub>i</sub> <sub>d</sub>	Ab	TR	TR <sub>mcm</sub>	S1 + It - Ab - E <sub>t</sub> - DS	AR	AR <sub>mcm</sub>	Osp	Osp <sub>mcm</sub>	
i	day	detik	m <sup>3</sup> /dt	MCM	mMSL	MCM	km <sup>2</sup>	m MS�	MCM	km <sup>2</sup>	mm	MCM	m <sup>3</sup> /dt	MCM	m <sup>3</sup> /dt	MCM	MCM	m <sup>3</sup> /dt	MCM	m <sup>3</sup> /dt	MCM	
1	31	2678400	0,029	0,078	90,000	15,410	2,223	90,0000	15,410	2,223	0,197	0,014	0,000	0,007	0,000	0,000	8,172	0,0000	0,000	0,021	0,057	OK
2	28	2419200	0,567	1,371	90,000	15,410	2,223	90,0000	15,410	2,223	0,169	0,011	0,000	0,006	0,000	0,000	9,468	0,000	0,000	0,560	1,354	OK
3	31	2678400	1,773	4,749	90,000	15,410	2,223	89,4363	14,089	2,116	0,140	0,010	6,191	0,007	2,260	6,053	12,847	2,260	6,053	0,000	0,000	OK
4	30	2592000	1,862	4,827	89,436	14,089	2,116	88,9727	13,046	2,027	0,084	0,005	6,191	0,007	2,260	5,858	11,609	2,260	5,858	0,000	0,000	OK
5	31	2678400	1,935	5,182	88,973	13,046	2,027	89,9084	15,191	2,206	0,048	0,003	3,096	0,007	1,130	3,027	10,923	1,130	3,027	0,000	0,000	OK
6	30	2592000	1,702	4,412	89,908	15,191	2,206	90,0000	15,410	2,223	0,145	0,010	3,096	0,007	1,130	2,929	12,291	1,130	2,929	0,481	1,248	OK
7	31	2678400	1,360	3,644	90,000	15,410	2,223	90,0000	15,410	2,223	0,207	0,014	3,096	0,007	1,130	3,027	11,737	1,130	3,027	0,223	0,596	OK
8	31	2678400	1,149	3,077	90,000	15,410	2,223	90,0000	15,410	2,223	0,247	0,017	3,096	0,007	1,130	3,027	11,167	1,130	3,027	0,010	0,026	OK
9	30	2592000	1,007	2,609	90,000	15,410	2,223	89,8540	15,062	2,196	0,323	0,022	3,096	0,007	1,130	2,929	10,696	1,130	2,929	0,000	0,000	OK
10	31	2678400	0,988	2,646	89,854	15,062	2,196	88,3140	11,632	1,899	0,236	0,016	6,191	0,007	2,260	6,053	10,390	2,260	6,053	0,000	0,000	OK
11	30	2592000	0,925	2,397	88,314	11,632	1,899	89,4050	14,017	2,110	0,087	0,005	0,000	0,007	0,000	0,000	6,722	0,000	0,000	0,000	0,000	OK
12	31	2678400	1,265	3,387	89,405	14,017	2,110	90,0000	15,410	2,223	0,093	0,006	0,000	0,007	0,000	0,000	10,096	0,000	0,000	0,740	1,982	OK
13	31	2678400	1,774	4,752	90,000	15,410	2,223	90,0000	15,410	2,223	0,138	0,010	0,000	0,007	0,000	0,000	12,850	0,000	0,000	1,768	4,736	OK
14	29	2505600	2,087	5,229	90,000	15,410	2,223	90,0000	15,410	2,223	0,117	0,008	0,000	0,006	0,000	0,000	13,330	0,000	0,000	2,081	5,215	OK
15	31	2678400	1,854	4,966	90,000	15,410	2,223	89,5315	14,308	2,134	0,111	0,008	6,191	0,007	2,260	6,053	13,066	2,260	6,053	0,000	0,000	OK
16	30	2592000	1,625	4,212	89,532	14,308	2,134	88,7889	12,644	1,991	0,179	0,011	6,191	0,007	2,260	5,858	11,206	2,260	5,858	0,000	0,000	OK
17	31	2678400	1,381	3,698	88,789	12,644	1,991	89,0863	13,298	2,049	0,161	0,010	3,096	0,007	1,130	3,027	9,029	1,130	3,027	0,000	0,000	OK
18	30	2592000	1,217	3,155	89,086	13,298	2,049	89,1803	13,508	2,067	0,149	0,009	3,096	0,007	1,130	2,929	9,142	1,130	2,929	0,000	0,000	OK
19	31	2678400	0,989	2,649	89,180	13,508	2,067	89,0007	13,108	2,032	0,248	0,016	3,096	0,007	1,130	3,027	8,839	1,130	3,027	0,000	0,000	OK

NO	d[i]	t[i]	Inflow		Awal Bulan (t)			Akhir Bulan (t+1)			Evaporasi		Irigasi	Non-Irigasi	Target Release		dStore	Release Aktual		Spill		Check
			It <sub>d</sub>	It	EL1	S1	A1	EL2	S2	A2	E <sub>t</sub> <sub>d</sub>	E <sub>t</sub>	A <sub>i</sub> <sub>d</sub>	Ab	TR	TR <sub>mcm</sub>	$\frac{S1 + It - Ab - Et - DS}{MCM}$	AR	AR <sub>mcm</sub>	Osp	Osp <sub>mcm</sub>	
i	day	detik	m <sup>3</sup> /dt	MCM	mMSL	MCM	km <sup>2</sup>	m MSL	MCM	km <sup>2</sup>	mm	MCM	m <sup>3</sup> /dt	MCM	m <sup>3</sup> /dt	MCM	MCM	m <sup>3</sup> /dt	MCM	m <sup>3</sup> /dt	MCM	
20	31	2678400	0,839	2,247	89,001	13,108	2,032	88,6309	12,303	1,961	0,297	0,019	3,096	0,007	1,130	3,027	8,034	1,130	3,027	0,000	0,000	OK
21	30	2592000	0,735	1,905	88,631	12,303	1,961	88,1308	11,253	1,863	0,326	0,019	3,096	0,007	1,130	2,929	6,887	1,130	2,929	0,000	0,000	OK
22	31	2678400	0,791	2,118	88,131	11,253	1,863	86,0001	7,296	1,429	0,270	0,016	6,191	0,007	2,260	6,053	6,053	2,260	6,053	0,000	0,000	OK
23	30	2592000	0,859	2,227	86,000	7,296	1,429	87,2453	9,508	1,687	0,192	0,008	0,000	0,007	0,000	0,000	2,212	0,000	0,000	0,000	0,000	OK
24	31	2678400	0,472	1,265	87,245	9,508	1,687	87,8859	10,756	1,815	0,176	0,009	0,000	0,007	0,000	0,000	3,461	0,000	0,000	0,000	0,000	OK
25	31	2678400	0,179	0,480	87,886	10,756	1,815	88,1149	11,221	1,860	0,157	0,009	0,000	0,007	0,000	0,000	3,925	0,000	0,000	0,000	0,000	OK
26	28	2419200	0,600	1,451	88,115	11,221	1,860	88,7961	12,659	1,993	0,124	0,006	0,000	0,006	0,000	0,000	5,364	0,000	0,000	0,000	0,000	OK
27	31	2678400	1,283	3,437	88,796	12,659	1,993	87,5176	10,029	1,742	0,115	0,007	6,191	0,007	2,260	6,053	8,787	2,260	6,053	0,000	0,000	OK
28	30	2592000	2,037	5,280	87,518	10,029	1,742	87,2081	9,437	1,679	0,139	0,007	6,191	0,007	2,260	5,858	8,000	2,260	5,858	0,000	0,000	OK
29	31	2678400	2,107	5,643	87,208	9,437	1,679	88,5065	12,037	1,937	0,173	0,009	3,096	0,007	1,130	3,027	7,768	1,130	3,027	0,000	0,000	OK
30	30	2592000	2,274	5,895	88,507	12,037	1,937	89,8227	14,988	2,190	0,155	0,009	3,096	0,007	1,130	2,929	10,622	1,130	2,929	0,000	0,000	OK
31	31	2678400	1,821	4,878	89,823	14,988	2,190	90,0000	15,410	2,223	0,159	0,011	3,096	0,007	1,130	3,027	12,553	1,130	3,027	0,527	1,412	OK
32	31	2678400	1,597	4,277	90,000	15,410	2,223	90,0000	15,410	2,223	0,256	0,018	3,096	0,007	1,130	3,027	12,367	1,130	3,027	0,458	1,226	OK
33	30	2592000	1,354	3,509	90,000	15,410	2,223	90,0000	15,410	2,223	0,256	0,017	3,096	0,007	1,130	2,929	11,599	1,130	2,929	0,215	0,556	OK
34	31	2678400	1,204	3,224	90,000	15,410	2,223	88,7455	12,550	1,983	0,354	0,024	6,191	0,007	2,260	6,053	11,307	2,260	6,053	0,000	0,000	OK
35	30	2592000	1,037	2,688	88,746	12,550	1,983	89,9175	15,213	2,208	0,300	0,018	0,000	0,007	0,000	0,000	7,917	0,000	0,000	0,000	0,000	OK
36	31	2678400	1,516	4,062	89,917	15,213	2,208	90,0000	15,410	2,223	0,154	0,011	0,000	0,007	0,000	0,000	11,962	0,000	0,000	1,436	3,847	OK