

**TUGAS AKHIR**  
**OPTIMASI POLA OPERASI WADUK MADURAN**  
**KABUPATEN LAMONGAN PROVINSI JAWA TIMUR**



**Disusun oleh :**

**RENALDI ADITYA ROSANDI**  
**16110046**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA**  
**JAWA TIMUR**  
**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)  
di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Oleh :

**Renaldi Aditya Rosandi**

**NPM : 16.11.0046**

Tanggal Ujian : 11 Januari 2023

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing,



**Ir. Soepriyono, MT.**

**NIP : 195803141989031002**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,



**Johan Paing HW., ST., MT.**

**NIP : 196903102005011002**

Ketua Program Studi Teknik Sipil,



**Dr. Ir. Utari Khatulistiani, MT.**

**NIK : 93190-ET**

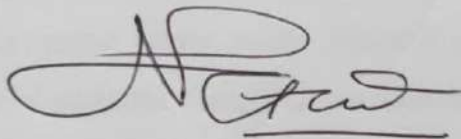
## LEMBAR PENGESAHAN REVISI

Judul : Optimasi Pola Operasi Waduk Maduran Kabupaten Lamongan  
Provinsi Jawa Timur  
Nama Mahasiswa : Renaldi Aditya Rosandi  
NPM : 16110046

Tanggal Ujian : 11 Januari 2023

Disetujui oleh:

Dosen Penguji 1



**Dr. Ir. Soebagio, MT.**

NIP : 94249-ET

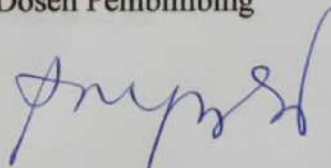
Dosen Penguji 2



**Dr. Ir. Hj. Titien Setivo Rini, MT.**

NIP : 92147-ET

Mengetahui:  
Dosen Pembimbing



**Ir. Soepriono, MT.**

NIK : 195803141989031002

# **OPTIMASI POLA OPERASI WADUK MADURAN KABUPATEN LAMONGAN PROVINSI JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa : Renaldi Aditya Rosandi  
NPM : 16110046  
Jurusan : Teknik Sipil  
Dosen Pembimbing : Ir. Soepriyono, MT

## **ABSTRAK**

Waduk Maduran yang dibangun di Kecamatan Maduran, Kabupaten Lamongan pada tahun 2014 diharapkan dapat memenuhi kebutuhan air irigasi pada Daerah Irigasi Waduk Maduran. Akan tetapi, terjadi kekurangan tingkat pelayanan akibat tidak adanya pola operasi yang diterapkan. Untuk itu, diperlukan suatu aturan supaya keandalan operasi waduk dapat dioptimalkan dan kebutuhan air pada daerah irigasi dapat dipenuhi. Salah satu metode pengoperasian waduk untuk mendapatkan hasil optimal yaitu dengan menerapkan simulasi pola operasi waduk model stokastik dengan bantuan program *solver*. Penerapan optimasi model stokastik menghasilkan keandalan debit waduk lebih baik dibanding dengan pola operasi waduk eksisting, sehingga luas lahan yang dapat dilayani mengalami peningkatan, dan intensitas tanam bertambah hingga 93,61% dari yang sebelumnya hanya 1002,63 ha lahan yang dapat dipanen, menjadi 1940,81 ha lahan yang dapat dipanen setelah diterapkannya optimasi, dan evaluasi kinerja menunjukkan bahwa waduk dapat mencapai keandalan 100% dalam memenuhi kebutuhan air irigasi.

**Kata kunci : keandalan, pola operasi, waduk**

# ***OPERATING SYSTEM OPTIMIZATION OF MADURAN RESERVOIR IN LAMONGAN DISTRICT EAST JAVA***

*Student's Name* : Renaldi Aditya Rosandi  
*Student's ID* : 16110046  
*Program of Study* : Civil Engineering  
*Advisor* : Ir. Soepriyono, MT

## ***ABSTRACT***

*Maduran reservoir that built in Maduran, Lamongan District 2014 ago are expected to meet the water needs in irrigation area of Maduran reservoir. However, there is a lack of service levels because there is no operating system. Therefore, an operating system rule is needed so the reliability of the reservoir can be optimized and the water needs in irrigation area can be fulfilled. One of the reservoir operating methods to get the best result by applying an operating system simulation are with stochastic method using solver program. Optimization application of the stochastic model generating better water discharge reliability than the existing operating system. Serviceable land area increased up to 93,61% from 1002,63 ha harvestable land to 1940,81 ha after the optimization, and performance evaluation shows that 100% service level of reservoir reached.*

***Keywords : reliability, reservoir, operating system***

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya sehingga penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Optimasi Pola Operasi Waduk Maduran Kabupaten Lamongan Provinsi Jawa Timur” untuk memenuhi persyaratan kelulusan yang ditetapkan oleh Program Studi Teknik Sipil Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari peran serta pihak lain yang telah membantu dan membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya yang telah membimbing dan mendoakan setiap langkah saya.
2. Ibu Dr. Ir. Utari Khatulistiani, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya sekaligus dosen wali bagi penulis.
3. Bapak Ir. Soepriyono, MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
4. Bapak Dr. Ir. Soebagio, MT. dan Ibu Dr. Ir. Titien Setiyo Rini, MT. selaku Dosen Penguji yang membantu penulis menemukan kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ari Pudji Astono selaku Kepala Bidang Pengawasan dan Pengendalian Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur yang membantu penyediaan data curah hujan.
6. Ibu Nuryatin selaku Staff Perpustakaan Dinas PU Sumber Daya Air Provinsi Jawa Timur yang membantu penyediaan data klimatologi.
7. Nia Cahyaningrum SKM. yang membantu memberi arahan dalam *input* data dan susunan grafik pada laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat berguna bagi pembaca, sehingga dapat menjadi referensi dan pengetahuan tambahan.

Surabaya, 11 Januari 2023

Penulis



Renaldi Aditya Rosandi  
16110046

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN REVISI .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum .....	4
2.2 Karakteristik Fisik Waduk.....	5
2.3 Analisis Hidrologi.....	5
2.4 Penentuan Curah Hujan Kawasan.....	6
2.4.1 Metode Rerata Aritmatik (aljabar) .....	6
2.4.2 Metode <i>Thiessen Polygon</i> .....	7
2.4.3 Metode <i>Isohyet</i> .....	8
2.5 Curah Hujan Efektif .....	8
2.5.1 Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Padi .....	9
2.5.2 Curah Hujan Efektif untuk Tanaman Palawija .....	9
2.6 Kehilangan Air Waduk.....	9
2.6.1 Evaporasi .....	9
2.6.2 Kapasitas Aliran Filtrasi .....	10
2.7 Analisis Debit.....	11

2.7.1	Debit Bangkitan.....	11
2.7.2	Debit Andalan .....	12
2.8	Irigasi.....	14
2.8.1	Pola Tata Tanam .....	15
2.8.2	Kebutuhan Air Tanaman .....	16
2.8.3	Koefisien Tanaman .....	18
2.8.4	Perkolasi .....	18
2.8.5	Kebutuhan Air untuk Pengolahan Lahan .....	19
2.8.6	Penggantian Lapisan Air .....	19
2.8.7	Kebutuhan Air Sawah .....	20
2.8.8	Efisiensi Irigasi .....	20
2.8.9	Kebutuhan Air Irigasi.....	21
2.9	Operasi dan Pola Operasi Waduk .....	21
2.9.1	Simulasi Operasi Waduk .....	22
2.9.2	Pendekatan dalam Operasi Waduk.....	23
2.9.3	Kegagalan dan Keandalan Waduk .....	23
2.10	Pedoman Lepasannya Pola Operasi Waduk.....	24
2.11	Model Hidrologi Matematik .....	24
2.12	Penelitian Terdahulu.....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Lokasi Daerah Studi .....	27
3.2	Kondisi Daerah .....	28
3.2.1	Kondisi Geografis .....	28
3.2.2	Tata Guna Lahan.....	28
3.3	Pengumpulan Data .....	28
3.4	Sistematika Pembahasan.....	29
3.4.1	Pengolahan Data Curah Hujan.....	29
3.4.2	Curah Hujan Efektif .....	29
3.4.3	Perhitungan Evapotranspirasi Potensial .....	30
3.4.4	Koefisien Tanaman .....	30
3.4.5	Perkolasi .....	30
3.4.6	Perkiraan Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan.....	30



3.4.7	Penentuan Kebutuhan untuk Pergantian Lapisan Air (WLR) .....	31
3.4.8	Efisiensi Irigasi .....	31
3.4.9	Penentuan Kebutuhan Air Irigasi.....	31
3.5	Simulasi Aturan Operasi Waduk.....	32
3.5.1	Simulasi Aturan Operasi Sederhana.....	32
3.5.2	Simulasi Lepasn berdasarkan Tampungan .....	32
3.5.3	Simulasi Lepasn <i>Rule Curve</i> Tunggal .....	32
3.5.4	Simulasi Lepasn <i>Rule Curve</i> Ganda .....	32
3.6	Pendekatan Studi Simulasi Waduk .....	33
3.7	Rencana Studi Simulasi Pola Operasi Waduk .....	33
3.8	Pedoman Lepasn Pola Operasi Waduk.....	34
3.9	Penerapan Pedoman Pola Operasi Waduk.....	34
3.10	Diagram Alur Pengerjaan Studi .....	36
3.11	Diagram Alur Optimalisasi Pola Operasi Waduk.....	37

#### BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisis Curah Hujan .....	38
4.1.1	Perhitungan Curah Hujan Efektif.....	39
4.2	Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi .....	42
4.2.1	Evapotranspirasi Potensial.....	42
4.2.2	Perhitungan Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan .....	45
4.2.3	Pergantian Lapisan Air (WLR).....	48
4.2.4	Efisiensi Irigasi .....	48
4.2.5	Kebutuhan Air Irigasi.....	48
4.3	Kehilangan Air Waduk Akibat Rembesan .....	55
4.4	Analisis Debit dengan Metode FJ. Mock .....	58
4.5	Debit Andalan .....	61
4.6	Perhitungan Simulasi Operasi Waduk.....	64
4.6.1	Kegagalan dan Keandalan Waduk .....	64
4.6.2	Langkah Perhitungan Simulasi Operasi Waduk .....	64
4.7	Optimasi Pola Operasi Waduk Maduran.....	68
4.7.1	Perhitungan Pedoman Lepasn Pola Operasi Berdasarkan Tampungan.....	68
4.7.2	Perbandingan Hasil Pola Operasi Eksisting dengan Hasil Optimasi .....	76

4.7.3 Contoh Penerapan Rule Curve Waduk Maduran.....	76
--	----

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .....	77
----------------------	----

5.2 Saran.....	78
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA .....	79
----------------------	----

LAMPIRAN .....	81
----------------	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembagian Daerah ( <i>zone</i> ) Tampungan pada Waduk.....	5
Gambar 2.2	Poligon Thiessen.....	7
Gambar 2.3	Model Simulasi Operasi Waduk.....	22
Gambar 3.1	Lokasi Waduk Maduran.....	27
Gambar 3.2	Peta Topografi Kabupaten Lamongan .....	28
Gambar 4.1	Jaringan Trayektori Aliran Filtrasi Tubuh Waduk Maduran .....	57
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Elevasi, Luas Permukaan, dan Volume Tampungan Waduk.....	65
Gambar 4.3	Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Daerah Irigasi Waduk Maduran Kondisi Debit Air Musim Kering (97,30%).....	68
Gambar 4.4	Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Kondisi Debit Air Musim Kering (97,30%).....	68
Gambar 4.5	Program Solver dalam Aplikasi Microsoft Excel.....	69
Gambar 4.6	Pola Operasi Waduk Maduran Aturan Lepas Berdasarkan Tampungan Kondisi Debit 97,30% .....	70
Gambar 4.7	Pola Operasi Waduk Maduran Aturan Lepas Berdasarkan Tampungan Kondisi Debit 75,34% .....	71
Gambar 4.8	Pola Operasi Waduk Maduran Aturan Lepas Berdasarkan Tampungan Kondisi Debit 50,68% .....	72
Gambar 4.9	Pola Operasi Waduk Maduran Aturan Lepas Berdasarkan Tampungan Kondisi Debit 26,02% .....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Besar Keandalan Debit .....	13
Tabel 2.2	Harga Perkolasi Berbagai Jenis Tanah .....	19
Tabel 2.3	Perbedaan Model Deterministik dan Stokastik .....	25
Tabel 4.1	Rekapitulasi Data Curah Hujan 10 Harian Tahun 2020-2021 .....	38
Tabel 4.2	Ranking Data Curah Hujan 10 Harian Stasiun Pangkatrejo (mm).....	40
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Curah Hujan Efektif Metode PU .....	41
Tabel 4.4	Hubungan $T$ , $\epsilon\gamma$ , $W$ , dan $f(t)$ .....	42
Tabel 4.5	Angka Angot ( $R\gamma$ ) untuk Daerah Indonesia.....	43
Tabel 4.6	Angka Koreksi ( $C$ ) untuk Rumus Penman Modifikasi.....	44
Tabel 4.7	Analisa Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2021.....	44
Tabel 4.8	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Potensial .....	45
Tabel 4.9	Perhitungan Kebutuhan Air untuk Pengolahan Lahan .....	47
Tabel 4.10	Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Pola Tata Tanam I Metode PU.....	51
Tabel 4.11	Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Pola Tata Tanam II Metode PU .....	52
Tabel 4.12	Perhitungan Kebutuhan Air Irigasi Pola Tata Tanam III Metode PU .....	53
Tabel 4.13	Rekapitulasi Kebutuhan Air Irigasi Daerah Irigasi Waduk Maduran .....	54
Tabel 4.14	Koordinat Garis Depresi .....	55
Tabel 4.15	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2021 .....	60
Tabel 4.16	Rekapitulasi Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran 2010-2021 .....	61
Tabel 4.17	Perhitungan Debit Andalan Sungai Bengawan Solo Sisi Maduran Metode <i>Basic Year</i> .....	62
Tabel 4.18	Rekapitulasi Debit <i>Inflow</i> Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran.....	63
Tabel 4.19	Hubungan Elevasi, Luas Permukaan, dan Volume Tampungan Waduk Maduran .....	66
Tabel 4.20	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Musim Kering Pola Tata Tanam I (97,3%).....	67
Tabel 4.21	Lepasan Kondisi Debit (97,30%) PTT I.....	70
Tabel 4.22	Lepasan Kondisi Debit (97,30%) PTT II.....	70

Tabel 4.23 Lepasn Kondisi Debit (97,30%) PTT III .....	70
Tabel 4.24 Lepasn Kondisi Debit (75,34%) PTT I.....	71
Tabel 4.25 Lepasn Kondisi Debit (75,34%) PTT II.....	71
Tabel 4.26 Lepasn Kondisi Debit (75,34%) PTT III .....	71
Tabel 4.27 Lepasn Kondisi Debit (50,68%) PTT I.....	72
Tabel 4.28 Lepasn Kondisi Debit (50,68%) PTT II.....	72
Tabel 4.29 Lepasn Kondisi Debit (50,68%) PTT III .....	72
Tabel 4.30 Lepasn Kondisi Debit (26,02%) PTT I.....	73
Tabel 4.31 Lepasn Kondisi Debit (26,02%) PTT II.....	73
Tabel 4.32 Lepasn Kondisi Debit (26,02%) PTT III .....	73
Tabel 4.33 Rekapitulasi Hasil Pola Operasi Waduk Maduran Metode Simulasi Lepasn Berdasarkan Tampungn.....	75
Tabel 4.34 Perbandingan Intensitas Luas Lahan Terlayani Sebelum dan Sesudah Optimasi .....	76

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2010 .....	82
Lampiran 2	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2011 .....	83
Lampiran 3	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2012 .....	84
Lampiran 4	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2013 .....	85
Lampiran 5	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2014 .....	86
Lampiran 6	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2015 .....	87
Lampiran 7	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2016 .....	88
Lampiran 8	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2017 .....	89
Lampiran 9	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2018 .....	90
Lampiran 10	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2019 .....	91
Lampiran 11	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2020 .....	92
Lampiran 12	Data Curah Hujan Harian di Stasiun Pangkatrejo Tahun 2021 .....	93
Lampiran 13	Rekap Curah Hujan 10 Harian .....	94
Lampiran 14	Curah Hujan Andalan $R_{80}$ dan $R_{50}$ .....	95
Lampiran 15	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2010 .....	96
Lampiran 16	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2011 .....	97
Lampiran 17	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2012 .....	98
Lampiran 18	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2013 .....	99
Lampiran 19	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2014 .....	100
Lampiran 20	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2015 .....	101
Lampiran 21	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2016 .....	102
Lampiran 22	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2017 .....	103

Lampiran 23	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2018 .....	104
Lampiran 24	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2019 .....	105
Lampiran 25	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2020 .....	106
Lampiran 26	Analisis Evapotranspirasi Potensial Metode Penman Modifikasi Tahun 2021 .....	107
Lampiran 27	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2010 .....	108
Lampiran 28	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2011 .....	109
Lampiran 29	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2012 .....	110
Lampiran 30	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2013 .....	111
Lampiran 31	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2014 .....	112
Lampiran 32	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2015 .....	113
Lampiran 33	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2016 .....	114
Lampiran 34	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2017 .....	115
Lampiran 35	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2018 .....	116
Lampiran 36	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2019 .....	117
Lampiran 37	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2020 .....	118
Lampiran 38	Perhitungan Debit Sungai Bengawan Solo Hilir Sisi Maduran dengan Metode FJ. Mock Tahun 2021 .....	119

Lampiran 39	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam I .....	120
Lampiran 40	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam II .....	121
Lampiran 41	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam III .....	122
Lampiran 42	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam I .....	123
Lampiran 43	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam II .....	124
Lampiran 44	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam III .....	125
Lampiran 45	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Normal (50,68%) Pola Tata Tanam I .....	126
Lampiran 46	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Normal (50,68%) Pola Tata Tanam II .....	127
Lampiran 47	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Normal (50,68%) Pola Tata Tanam III .....	128
Lampiran 48	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Cukup (26,02%) Pola Tata Tanam I .....	129
Lampiran 49	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Cukup (26,02%) Pola Tata Tanam II .....	130
Lampiran 50	Simulasi Operasi Waduk Maduran untuk Debit Air Cukup (26,02%) Pola Tata Tanam III .....	131
Lampiran 51	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam I .....	132
Lampiran 52	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam II .....	133
Lampiran 53	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam III .....	134
Lampiran 54	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam I .....	135



Lampiran 55	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam II .....	136
Lampiran 56	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam III.....	137
Lampiran 57	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Normal (50,68%) Pola Tata Tanam I .....	138
Lampiran 58	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Normal (50,68%) Pola Tata Tanam II .....	139
Lampiran 59	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Normal (50,68%) Pola Tata Tanam III.....	140
Lampiran 60	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Cukup (26,02%) Pola Tata Tanam I.....	141
Lampiran 61	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Cukup (26,02%) Pola Tata Tanam II.....	142
Lampiran 62	Grafik Hubungan Debit <i>Inflow</i> dan Kebutuhan Air Irigasi Debit Air Cukup (26,02%) Pola Tata Tanam III .....	143
Lampiran 63	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam I .....	144
Lampiran 64	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam II.....	145
Lampiran 65	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Musim Kering (97,30%) Pola Tata Tanam III .....	146
Lampiran 66	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam I .....	147
Lampiran 67	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam II .....	148
Lampiran 68	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Rendah (75,34%) Pola Tata Tanam III.....	149
Lampiran 69	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Normal (50,68%) Pola Tata Tanam I .....	150
Lampiran 70	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Normal (50,68%) Pola Tata Tanam II .....	151

Lampiran 71	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Normal (50,68%)	
	Pola Tata Tanam III.....	152
Lampiran 72	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Cukup (26,02%)	
	Pola Tata Tanam I .....	153
Lampiran 73	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Cukup (26,02%)	
	Pola Tata Tanam II .....	154
Lampiran 74	Grafik Hubungan Elevasi dan <i>Outflow</i> Debit Air Cukup (26,02%)	
	Pola Tata Tanam III.....	155