

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR RUMUS .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI.....	xvii
<i>ABSTRACT</i> .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	5
1.3 Manfaat Penelitian .....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1. Hidrologi dan Ekosistem DAS.....	7
2.2. Presipitasi .....	9
2.3. Evapotranspirasi.....	10
2.4. Daerah Aliran Sungai.....	11
2.5. Penggunaan Lahan dan Perubahannya.....	15
2.6. Bentuk Aliran Air.....	16

2.7. Pengembangan Sumberdaya Air .....	20
2.8. Kebutuhan Air Tanaman .....	22
2.9. Pola Usaha Tani .....	23
2.10. Potensi dan Ketersediaan Air .....	23
2.11. Waduk .....	24
2.12. Model Hidrologi .....	26
2.13. <i>Linear Programming</i> (LP) .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	32
3.2 Alat dan Bahan .....	32
3.2.1 Alat .....	32
3.2.2 Bahan .....	32
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	35
3.4 Analisis Data .....	35
3.4.1 Analisis Curah Hujan Efektif .....	35
3.4.2 Perhitungan Evapotranspirasi .....	36
3.4.3 Perhitungan Debit Sungai .....	37
3.4.4 Analisis Debit Andalan .....	38
3.5. Analisis Kebutuhan Air Irigasi .....	39
3.6. Analisis Usaha Tani. ....	41
3.7. Analisis Optimasi Penggunaan Air .....	41
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Deskripsi Wilayah Penelitian .....	44
4.1.1 Lokasi Penelitian .....	44

4.1.2 Kondisi Tanah Wilayah Waduk Sermo.....	45
4.1.3. Topografi Waduk Sermo .....	47
4.1.4 Daerah Irigasi Wilayah Waduk Sermo.....	50
4.2. Kondisi Iklim DAS Hulu Waduk Sermo .....	51
4.3. Analisis Curah Hujan Efektif.....	54
4.4. Analisis Evapotranspirasi.....	54
4.5. Analisis Ketersediaan Air Waduk Sermo .....	56
4.6. Analisis Debit Andalan DAS Hulu Waduk Sermo .....	58
4.7. Analisis Kebutuhan Air Wilayah Waduk Sermo .....	59
4.8. Analisis Usaha Tani .....	61
4.9. Variabel Optimasi <i>Linear Programming</i> .....	63
4.10. Optimasi Penggunaan Air Menggunakan Linear Programming.....	67
4.10.1 Persamaan Matematik Optimasi Linear Programming .....	68
4.10.2. Optimasi Persamaan <i>Linear Programming</i> Menggunakan WinQSB .....	104
4.11. Keseimbangan Air.....	128
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>133</b>
5.1. Kesimpulan .....	133
5.2. Saran .....	134
<b>BAB VI DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>136</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.. Siklus Hidrologi.....	7
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian.....	33
Gambar 3.2. Bagan Alir Optimasi <i>Linear Programming</i> .....	34
Gambar 4.1. Peta Lokasi Waduk Sermo .....	45
Gambar 4.2..Peta Jenis Tanah Wilayah Waduk Sermo .....	46
Gambar 4.3..Peta Ketinggian Wilayah Waduk Sermo. ....	48
Gambar 4.4..Peta Kelas Kelereng Wialayah Waduk Sermo .....	49
Gambar 4.5. Peta Daerah irigasi Kabupaten Kulon Progo.....	50
Gambar 4.6..Grafik Kondisi Iklim Waduk Sermo 2004-2014. ....	51
Gambar 4.7 Grafik Curah Hujan Efektif Daerah Irigasi Waduk Sermo .....	54
Gambar 4.8. Grafik Evapotranspirasi Rata-rata Bulanan Waduk Sermo.....	55
Gambar 4.9..Peta Jaringan Sungai dan Outlet Sermo.....	57
Gambar 4.10.Debit Rat-rata Setengah Bulanan DAS Hulu Waduk Sermo 2004 - 2014.....	57
Gambar 4.11. Akumulasi Air Setengah Bulanan Waduk Sermo 2004- 2014 .....	58
Gambar 4.12. Debit Andalan Dua Mingguan Waduk Sermo .....	59
Gambar 4.13. Grafik Keseimbangan Air Alternatif 1 .....	129
Gambar 4.14. Grafik Keseimbangan Air Alternatif 2 .....	129
Gambar 4.15. Grafik Keseimbangan Air Alternatif 3.....	130
Gambar 4.16. Grafik Keseimbangan Air Alternatif 4.....	131
Gambar 4.17. Grafik Keseimbangan Air Alternatif 5.....	131
Gambar 4.18. Grafik Keseimbangan Air Alternatif 6.....	132

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kriteria Penentuan Kebutuhan Air Domestik .....	21
Tabel 2.2. Debit Andalan Untuk Berbagai Keperluan.....	22
Tabel 4.1. Jenis Tanah Wilayah Waduk Sermo .....	47
Tabel 4.2. Luas Kelerengan Wilayah Waduk Sermo .....	49
Tabel 4.3. Tabel Q Time Iklim Schmidt-Ferguson.....	52
Tabel 4.4. Kategori Bulan Basah dan Bulan Kering Waduk Sermo.....	53
Tabel 4.5. Kebutuhan Air Tanaman Untuk DI Clereng dan Di Kamal.....	60
Tabel 4.6. Luasan Daerah Irigasi Suplesi Waduk Sermo.....	61
Tabel 4.7. Hasil Produksi Tanaman Padi MT I dan MT II per per Hektar. ....	61
Tabel 4.8. Hasil Produksi Tanaman Jagung MT III per Hektar.....	62
Tabel 4.9. Hasil Produksi Tanaman Kacang Tanah MT III per Hektar.....	63
Tabel 4.10. Variabel Keputusan Optimasi Penggunaan Air. ....	64
Tabel 4.11. Kendala Luas Tanam Pada <i>Linear Programming</i> .....	66
Tabel 4.12. Kendala Ketersediaan Tenaga Kerja (HOK) .....	67
Tabel 4.13. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 1 Pada Daerah Irigasi Clereng.....	105
Hasil 4.14. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 1 Pada Daerah Irigasi Clereng.....	106
Tabel 4.15. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 1 Pada Daerah Irigasi Kamal.....	106
Hasil 4.16. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 1 Pada Daerah Irigasi Kamal.....	107
Tabel 4.17. Hasil Optimasi Penggunaan Air Alternatif 1 .....	108

Tabel 4.18. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 2 Pada Daerah Irigasi	
Kamal.....	108
Hasil 4.19. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 2 Pada Daerah	
Irigasi Clereng.....	110
Tabel 4.20. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 2 Pada Daerah Irigasi	
Kamal.....	110
Hasil 4.21. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 2 Pada Daerah	
Irigasi Kamal.....	111
Tabel 4.22. Hasil Optimasi Penggunaan Air Alternatif 2 .....	112
Tabel 4.23. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 3 Pada Daerah Irigasi	
Clereng.....	112
Tabel 4.24. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 3 Pada Daerah	
Irigasi Clereng.....	114
Tabel 4.25. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 3 Pada Daerah Irigasi	
Kamal.....	114
Tabel 4.26. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 3 Pada Daerah	
Irigasi Kamal.....	115
Tabel 4.27. Hasil Optimasi Penggunaan Air Alternatif 3 .....	116
Tabel 4.28. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 4 Pada Daerah Irigasi	
Clereng.....	116
Tabel 4.29. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 4 Pada Daerah	
Irigasi Clereng.....	118
Tabel 4.30. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 4 Pada Daerah Irigasi	
Kamal.....	118

Tabel 4.31. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 4 Pada Daerah Irigasi Kamal.....	119
Tabel 4.32. Hasil Optimasi Penggunaan Air Alternatif 4 .....	120
Tabel 4.33. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 5 Pada Daerah Irigasi Clereng.....	121
Tabel 4.34. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 5 Pada Daerah Irigasi Clereng.....	122
Tabel 4.35. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 5 Pada Daerah Irigasi Kamal.....	122
Tabel 4.36. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 5 Pada Daerah Irigasi Kamal.....	123
Tabel 4.37. Tabel Hasil Optimasi Penggunaan Air Alternatif 5 .....	124
Tabel 4.38. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 6 Pada Daerah Irigasi Clereng.....	125
Tabel 4.39. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 6 Pada Daerah Irigasi Clereng.....	126
Tabel 4.40. Data Masukan Alternatif Jadwal Tanam 6 Pada Daerah Irigasi Kamal.....	126
Tabel 4.41. Hasil Optimasi WinQSB Alternatif Jadwal Tanam 6 Pada Daerah Irigasi Kamal.....	127
Tabel 4.42. Tabel Hasil Optimasi Penggunaan Air Alternatif 6 .....	128

## DAFTAR RUMUS

3.1. Persamaan Curah Hujan Efektif Metode Metode Weibull .....	36
3.2. Persamaan Curah Hujan Efektif Tanaman Padi .....	36
3.3. Persamaan Curah Hujan Efektif Tanaman Palawija .....	36
3.4. Persamaan Evapotranspirasi Metode Penman-Monteith .....	37
3.5. Persamaan Hubungan Antara Debit dan Tinggi Muka Air Sungai.....	37
3.6. Persamaan Logaritma Hubungan Antara Debit dan Tinggi Muka Air Sungai .....	38
3.7. Persamaan Probabilitas Debit Andalan.....	38
3.8. Persamaan Kebutuhan Air Irigasi .....	39
3.9. Persamaan Kebutuhan Air Tanaman Padi.....	39
3.10. Persamaan Kebutuhan Air di Persawahan .....	39
3.11. Persamaan Kebutuhan Air Pengganti Kehilangan Air Akibat Evaporasi Di Sawah yang Sudah Jenuh.....	39
3.12. Persamaan Nilai Konstanta Untuk Kebutuhan Air di Persawahan .....	39
3.13. Persamaan Evaporasi .....	39
3.14. Persamaan Kebutuhan air konsumtif .....	39
3.15. Persamaan Hujan Efektif .....	39
3.16. Persamaan Kebutuhan Air Tanaman Palawija.....	40
3.17. Persamaan Curah Hujan Efektif Tanaman Palawija .....	40
3.18. Persamaan Variabel Keputusan Linear Programming .....	41
3.19. Persamaan Fungsi Tujuan Linear Programming.....	42
3.20. Persamaan Fungsi Kendala Luas Tanam .....	42
3.21. Persamaan Fungsi Kendala Ketersediaan Air.....	42



3.22. Persamaan Fungsi Kendala Ketersediaan Tenaga Kerja.....	43
4.1 Persamaan <i>Rating Curve</i> Pada Titik Outlet Waduk Sermo .....	56
4.2. Fungsi Tujuan Linear Programming .....	64
4.3. Fungsi Tujuan Optimasi Penggunaan Air Waduk Sermo .....	64

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Tabel Analisis Iklim Bulanan Wilayah Waduk Sermo Tahun 2004-2014.....	140
<b>Lampiran 2.</b> Tabel Curah Hujan Rata-Rata Waduk Sermo Tahun 2004-2014..	141
<b>Lampiran 3.</b> Perhitungan Curah Hujan Efektif Metode Weibull .....	142
<b>Lampiran 4.</b> Data Evapotranspirasi Metode Penman Monteith Menggunakan CROPWAT 8.0 FAO Tahun 2004-2005 .....	143
<b>Lampiran 5.</b> Data Evapotranspirasi Metode Penman Monteith Menggunakan CROPWAT 8.0 FAO Tahun 2006-2007.....	144
<b>Lampiran 6.</b> Data Evapotranspirasi Metode Penman Monteith Menggunakan CROPWAT 8.0 FAO Tahun 2008-2009 .....	145
<b>Lampiran 7.</b> Data Evapotranspirasi Metode Penman Monteith Menggunakan CROPWAT 8.0 FAO Tahun 2010-2011 .....	146
<b>Lampiran 8.</b> Data Evapotranspirasi Metode Penman Monteith Menggunakan CROPWAT 8.0 FAO Tahun 2012-2013 .....	147
<b>Lampiran 9.</b> Data Evapotranspirasi Metode Penman Monteith Menggunakan CROPWAT 8.0 FAO Tahun 2014. ....	148
<b>Lampiran 10.</b> Data Evapotranspirasi Potensial Rata-Rata Bulanan Wilayah Waduk Sermo (2004-2014). ....	149
<b>Lampiran 11.</b> Debit Rata-Rata Pengamatan 2 Mingguan Waduk Sermo 2004-2014.....	150
<b>Lampiran 12.</b> Akumulasi Debit 2 Minggu Waduk Sermo 2004-2014.....	151
<b>Lampiran 13.</b> Debit Andalan Dua Mingguan DAS Hulu Waduk Sermo 2004-2014 (m <sup>3</sup> /dtk) .....	152

<b>Lampiran 14.</b> Analisis Kebutuhan Air Tanaman Alternatif 1 .....	153
<b>Lampiran 15</b> Analisis Kebutuhan Air Tanaman Alternatif 2 .....	155
<b>Lampiran 16</b> Analisis Kebutuhan Air Tanaman Alternatif 3 .....	157
<b>Lampiran 17</b> Analisis Kebutuhan Air Tanaman Alternatif 4 .....	159
<b>Lampiran 18</b> Analisis Kebutuhan Air Tanaman Alternatif 5 .....	161
<b>Lampiran 19</b> Analisis Kebutuhan Air Tanaman Alternatif 6 .....	163
<b>Lampiran 20.</b> Analisis Usaha Tani Tanaman Padi MT I dan MT II .....	165
<b>Lampiran 21.</b> Analisis Usaha Tani Tanaman Jagung MT III .....	166
<b>Lampiran 22.</b> Analisis Usaha Tani Tanaman Kacang Tanah MT III .....	167
<b>Lampiran 23.</b> Kendala ketersediaan air .....	168
<b>Lampiran 24.</b> Rincian Kegiatan dan Kebutuhan Tenaga Kerja budidaya Padi Sawah. ....	180
<b>Lampiran 25.</b> Rincian Kegiatan dan Kebutuhan Tenaga Kerja budidaya Jagung .....	181
<b>Lampiran 26.</b> Rincian Kegiatan dan Kebutuhan Tenaga Kerja Kacang Tanah .....	182
<b>Lampiran 27</b> Pengolahan Data Keseimbangan Air Alternatif 1 .....	183
<b>Lampiran 28.</b> Pengolahan Data Ketersediaan Air Alternatif 2 .....	184
<b>Lampiran 29.</b> Pengolahan Data Keseimbangan Air Alternatif 3 .....	185
<b>Lampiran 30.</b> Pengolahan Data Keseimbangan Air Alternatif 4 .....	186
<b>Lampiran 31.</b> Pengolahan Data Keseimbangan Air Alternatif 5 .....	187
<b>Lampiran 32.</b> Pengolahan Data Keseimbangan Air Alternatif 6 .....	188
<b>Lampiran 33.</b> Peta Penyebaran Daerah Irigasi Di Kecamatan Kulon Progo....	189
<b>Lampiran 34.</b> Skema Irigasi Per Gabungan P3A .....	190

## **OPTIMASI PEMANFAATAN AIR WADUK SERMO UNTUK PERTANIAN MENGGUNAKAN *LINEAR PROGRAMMING***

### **INTISARI**

Waduk Sermo merupakan salah satu waduk yang terdapat Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Tujuan utama dibangunnya Waduk Sermo adalah menyimpan air dari hulu. Simpanan air digunakan untuk keperluan suplesi irigasi ke beberapa Daerah Irigasi (DI) disekitar wilayah Waduk Sermo yaitu DI Kamal dan DI Clereng. Keterbatasan air pada Waduk Sermo khususnya pada musim-musim kemarau berdampak pada daerah irigasi yang dialiri dan mempengaruhi keuntungan yang didapat oleh petani. Untuk mengurangi kerugian yang dialami oleh petani maka perlu dilakukan optimasi keuntungan dalam melakukan usaha tani dengan keterbatasan air yang ada pada Waduk Sermo.

Optimasi penggunaan air untuk pertanian Waduk Sermo dilakukan dengan menggunakan *software WinQSB*. Model optimasi yang digunakan adalah optimasi program linear dengan menggunakan kendala ketersediaan air, kendala luas lahan dan kendala ketersediaan tenaga kerja. Optimasi dilakukan dengan 6 alternatif jadwal dan pola tanam. Pola tanam yang diusahakan adalah komoditas padi untuk Musim Tanam (MT) I dan MT II sedangkan untuk MT III komoditas yang diusahakan adalah tanaman padi golongan 1, sedangkan golongan 2 dan 3 adalah komoditas jagung atau kacang tanah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dari 6 alternatif jadwal tanam dan pola tanam diperoleh alternatif yang paling optimal adalah alternatif 1. Awal musim tanam pertama alternatif jadwal tanam yang paling optimum pada bulan Juli I dan berakhir pada bulan Juli II. komoditi yang diusahakan pada alternatif 1 pada MT I dan MT II adalah tanaman Padi, sedangkan untuk MT III tanaman yang diusahakan adalah tanaman padi golongan 1 dan tanaman jagung untuk golongan 2 dan golongan 3. Nilai keuntungan maksimum alternatif 1 yang diterima petani sebesar Rp 13.287.399.000/tahun atau Rp.48.671.791/hektar/tahun

Kata Kunci : Waduk Sermo, Ketersediaan Air, optimasi, *Linear Programming*.

**OPTIMIZATION THE USE OF WATER FROM SERMO RESERVOIR  
FOR AGRICULTURE USING *LINEAR PROGRAMMING***

**ABSTRACT**

Sermo Reservoir is one of the existing reservoirs located in Special Region of Yogyakarta. The main purpose of constructing the Sermo Reservoir is to store the downstream water. This stored water would later be used to irrigate several Irrigation Areas (DI) around of Sermo Reservoir : the DI of Kamal and Clereng. Limitations of Sermo Reservoir water, especially during dry seasons affect the irrigated areas and the profits earned by the farmers. To reduce the losses suffered by the farmers, it is necessary to conduct the optimization of advantages farming system with limited of water availability.

The optimization of water use from sermo reservoir for agriculture was conducted using the WinQSB software. Optimization model used is a linear programming optimization using the constraints of water availability, land, and labor availability. Optimization is done with 6 alternate schedules and cropping patterns. The cultivation of crop is the commodity of rice crop for the Planting Season (MT) I and MT II, while for MT III the commodity is rice crop as the group 1, while group 2 and 3 are maize or peanuts.

The results showed that of the six alternative cropping schedules and patterns the most optimal is the alternative 1, wherein the beginning of the first cropping season, the alternate planting schedules 1 was conducted in July I and ended in July II. Commodities cultivated in the alternative 1 in MT I and MT II is rice crop, while for MT III they cultivated rice crop as the group 1 and maize as the group 2 and group 3. The maximum value of profit from alternative 1 received by the farmers is IDR 13,287,399,00/year or IDR 48,671,791,00/ha/year.

Keywords : Sermo Reservoir, Water Availability, Optimization, *Linear Programming*.