

# **STUDI KORELASI AIR, ENERGI, PANGAN DAN LINGKUNGAN DI WADUK SELOREJO**

**TESIS**



**Oleh:**

**Dini Dwi Maulani  
8101901032**

**Pembimbing:  
Doddi Yudianto, Ph.D**

**Ko-Pembimbing:  
Albert Wicaksono, Ph.D**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**(Terakreditasi berdasarkan SK BAN-PT No. 11737/SK/BAN-PT/AK-ISK/M/X/2021)**

**BANDUNG**

**2022**



**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI KORELASI AIR, ENERGI, PANGAN DAN LINGKUNGAN DI  
WADUK SELOREJO**



**Oleh :**

**Dini Dwi Maulani  
8101901032**

**Pembimbing:**

**Doddi Yudianto, Ph.D.**

**Ko-Pembimbing:**

**Albert Wicaksono, Ph.D.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**(Terakreditasi berdasarkan SK BAN-PT No. 11737/SK/BAN-PT/AK-  
ISK/M/X/2021)**

**BANDUNG**

**2022**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Dini Dwi Maulani

NPM : 8101901032

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa tesis dengan judul:

Studi Korelasi Air, Energi, Pangan dan Lingkungan Di Waduk Selorejo adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal : 10 Februari 2022



Dini Dwi Maulani





# **STUDI KORELASI AIR, ENERGI, PANGAN DAN LINGKUNGAN DI WADUK SELOREJO**

**Dini Dwi Maulani (NPM: 8101901032)**

**Pembimbing: Doddi Yudianto, Ph. D.**

**Ko-Pembimbing: Albert Wicaksono, Ph.D.**

**Magister Teknik Sipil**

**(Terakreditasi berdasarkan SK BAN-PT No. 11737/SK/BAN-PT/AK-ISK/M/X/2021)**

**Bandung**

**Februari 2022**

## **ABSTRAK**

Waduk Selorejo berada pada Kali Konto yang merupakan anak Sungai Brantas dengan luas DTA sebesar 236,20 km<sup>2</sup>. Aliran air Waduk Selorejo berasal dari Kali Konto, Kali Pinjal dan Kali Kwanjangan. Waduk Selorejo dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi DI Srinjing dan DI Konto, PLTA Selorejo, PLTA Mendalan, dan PLTA Siman, di samping sebagai pengendali banjir, perikanan, dan pariwisata. Pemanfaatan waduk yang dengan berbagai fungsi ini berpotensi menyebabkan konflik kepentingan di antara pengguna air waduk. Studi ini bertujuan untuk merumuskan pola operasi Waduk Selorejo dengan mempertimbangkan keterkaitan air, energi, pangan dan pemeliharaan lingkungan. Pemenuhan air untuk pemeliharaan lingkungan sebesar 5,67 m<sup>3</sup>/s berdampak pada penurunan produksi listrik. Secara tidak langsung, penurunan energi dari ketiga PLTA dapat berdampak pada penurunan suplai listrik bagi Kabupaten Malang, dimana 4% dari total kebutuhan listrik disuplai oleh ketiga PLTA. Penurunan suplai air untuk PLTA juga berdampak pada penurunan suplai air untuk DI Siman mengingat sebagian besar air irigasi berasal dari air buangan PLTA Siman. Berdasarkan hasil simulasi terhadap 10 skenario alokasi air untuk pemeliharaan lingkungan, diketahui bahwa pemberian air pemeliharaan lingkungan sebesar 5,67 m<sup>3</sup>/s memberikan dampak yang masih dapat ditolerir. Alokasi air pemeliharaan tersebut masih menyisakan air untuk memproduksi listrik sebesar 78.491,625 MWh/tahun, dan produksi beras sebesar 26.759.25ton/tahun. Hasil studi ini menunjukkan bahwa suplai air untuk produksi listrik dan pangan dari Waduk Selorejo memiliki keterkaitan dengan suplai air untuk pemeliharaan lingkungan. Oleh karena itu, alokasi air yang tepat untuk masing-masing pengguna akan menentukan tingkat keberhasilan dalam memenuhi kebutuhan yang ada.

**Kata Kunci:** air pemeliharaan lingkungan, alokasi air, keterkaitan air-energi-pangan, simulasi waduk, Waduk Selorejo





# **WATER, ENERGY, FOOD AND ENVIRONMENT NEXUS IN SELOREJO RESERVOIR**

**Dini Dwi Maulani (NPM: 8101901032)**

**Adviser: Doddi Yudianto, Ph. D.**

**Ko-Adviser: Albert Wicaksono, Ph.D.**

**Magister of Civil Engineering**

**Bandung**

**(Accredited based on SK BAN-PT No. 11737/SK/BAN-PT/AK-  
ISK/M/X/2021)**

**February 2022**

## **ABSTRACT**

Selorejo Reservoir is located in Konto River which is a tributary of the Brantas River with a catchment area of 236.20 km<sup>2</sup>. Selorejo Reservoir receive water from Kali Konto, Kali Pinjal and Kali Kwanjangan. Currently, the Selorejo Reservoir is used for the irrigation water of Srinjing and Konto Irrigation Area, PLTA Selorejo, PLTA Mendalan, and PLTA Siman, as well as flood control, fisheries and tourism. Utilization of a reservoir with various functions has potential to cause conflicts of interest among reservoir water users. This study aims to formulate the operating pattern of the Selorejo Reservoir by considering the interrelationships of water, energy, food and environmental protection. The fulfillment of water for environmental maintenance of 5.67 m<sup>3</sup>/s has an impact on decreasing electricity production. Indirectly, the decrease in energy from the three hydropower plants can have an impact on the decline in electricity supply for Malang Regency, where 4% of the total electricity demand is supplied by the three hydropower plants. The decrease in water supply for hydropower plants also has an impact on decreasing water supply for DI Siman considering that most of the irrigation water comes from the excess water of the Siman hydropower plant. Based on the simulation of 10 scenarios of water allocation for environmental maintenance, it is known that the provision of water for environmental maintenance of 5.67 m<sup>3</sup>/s has a tolerable impact. The allocation of maintenance water still leaves water for electricity production of 78,491.625 MWh/year, and rice production of 26,759.25 tons/year. The results of this study indicate that the water supply for electricity and food production from the Selorejo Reservoir has a relationship with the water supply for environmental maintenance. Therefore, the proper allocation of water for each user will determine the level of success in meeting the existing needs.

Keywords: reservoir simulation, Selorejo reservoir, water environment maintenance, water allocation, water-energy-food nexus



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia, berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul *Studi Korelasi Air, Energi, Pangan Dan Lingkungan di Waduk Selorejo*. Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan tesis ini tidak sedikit hambatan yang dihadapi, akan tetapi berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, tesis ini dapat diselesaikan. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Doddi Yudianto, Ph.D. selaku dosen pembimbing dan Albert Wicaksono, Ph.D. selaku dosen ko-pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan dengan sabar memberikan pengarahan, bimbingan, ilmu, serta dorongan selama penyusunan tesis ini. Selama penyusunan tesis ini, wawasan dan keilmuan penulis menjadi bertambah dan memahami banyak hal baru.
2. Prof. Robertus Wahyudi Triweko, Ph.D. dan Salahudin Gozali, Ph.D. selaku komite tesis yang telah memberi masukan-masukan selama penulisan tesis dan membagikan ilmu selama masa perkuliahan.
3. Seluruh dosen Teknik Sumber Daya Air yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
4. Seluruh Staf administrasi Fakultas Teknik yang telah mendukung saya hingga saat ini.

5. Keluarga, suami dan anak-anak yang telah banyak bersabar dan mendukung segala hal hingga saat ini
6. Rekan-rekan yang telah banyak membantu dan selalu memberikan dukungan, doa, serta semangat kepada penulis.

Bandung, 11 Februari 2022

Dini Dwi Maulani

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

PERNYATAAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR GAMBAR..... vi

DAFTAR TABEL..... xi

**BAB 1      PENDAHULUAN .....1**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 5

1.3 Tujuan Penelitian..... 5

1.4 Pembatasan Masalah ..... 5

1.5 Sistematika Penulisan..... 5

**BAB 2      TINJAUAN PUSTAKA.....7**

2.1 Water Energy Food Nexus ..... 7

2.1.1 Air Untuk Energi ..... 8

2.1.2 Air Untuk Pangan..... 9

2.1.3 Energi Untuk Air ..... 10

2.1.4 Energi Untuk Pangan ..... 10

2.1.5 Pangan Untuk Air ..... 11

2.1.6 Pangan Untuk Energi ..... 12

2.1.7	Lingkungan Dan Perubahan Iklim .....	12
2.2	Analisis Hidrologi.....	13
2.2.1	Curah Hujan Wilayah .....	13
2.2.2	Koreksi Curah Hujan Satelit.....	14
2.2.3	Evapotranspirasi Potensial.....	15
2.2.4	Model NRECA .....	16
2.2.5	Debit Andal.....	18
2.3	Analisis Kebutuhan Air Irigasi .....	19
2.4	Keseimbangan Air Waduk.....	20
2.5	Uji Validasi .....	21
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
<b>BAB 4</b>	<b>GAMBARAN UMUM LOKASI STUDI.....</b>	<b>29</b>
4.1	Daerah studi .....	29
4.1.1	Lokasi Daerah Studi.....	29
4.1.2	Pertumbuhan Penduduk Kabupaten Malang.....	30
4.1.3	Energi.....	30
4.1.4	Pertanian .....	31
4.1.5	Sumber Air Minum.....	31
4.2	Ketersediaan Data .....	31
4.2.1	Data Teknis Bendungan Selorejo .....	31
4.2.2	Data Hujan .....	34
4.2.3	Data Debit.....	35
4.2.4	Data Klimatologi.....	35
4.2.5	Data Bathimetri.....	37
<b>BAB 5</b>	<b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>39</b>
5.1	Analisis Hujan.....	39
5.1.1	Pengisian Data Kosong.....	39
5.1.2	Analisis Curah Hujan Wilayah .....	39
5.1.3	Koreksi Data Hujan Satelit TRMM.....	41
5.2	Evapotranspirasi Potensial .....	49
5.3	Pemodelan Hujan Limpasan Menggunakan NRECA.....	50
5.4	Analisis Kebutuhan Air Irigasi .....	53

5.5	Simulasi Waduk Selorejo .....	54
5.5.1	Simulasi Waduk Kondisi Eksisting.....	56
5.5.2	Skenario Alokasi Air Pemeliharaan .....	60
5.6	Keterkaitan Air, energi, dan Pangan Waduk Selorejo.....	100
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>107</b>
6.1	Kesimpulan.....	107
6.2	Saran.....	108

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Umum WEF Nexus (Wicaksono, dkk. 2017).....	8
Gambar 2.2 Skema Konsep NRECA .....	17
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian .....	26
Gambar 4.1 Lokasi Studi.....	30
Gambar 4.2 Hujan Bulanan Pos Hujan dan TRMM .....	35
Gambar 4.3 Debit <i>Inflow</i> dan <i>Outflow</i> Waduk Selorejo .....	35
Gambar 4.4 Data Suhu Udara Waduk Selorejo.....	36
Gambar 4.5 Data Kelembapan Udara dan Kecepatan Angin Waduk Selorejo ....	36
Gambar 4.6 Data Lama Penyinaran dan Radiasi Waduk Selorejo.....	36
Gambar 4.7 Kurva Elevasi-Luas-Volume Waduk Selorejo.....	37
Gambar 5.1 Polygon Thissen DTA Selorejo.....	40
Gambar 5.2 Curah Hujan Wilayah DTA Waduk Selorejo.....	40
Gambar 5.3 Pos Hujan, TRMM Asli dan TRMM Koreksi Mamenun.....	41
Gambar 5.4 Kurva Durasi Pos Hujan Selorejo, TRMM Asli dan TRMM Terkoreksi.....	42
Gambar 5.5 Curah Hujan Pos Hujan Selorejo dan TRMM Terkoreksi Probabilitas dan Mamenun.....	42
Gambar 5.6 Kurva Durasi Pos Hujan Kedungrejo, TRMM Asli dan TRMM Terkoreksi.....	43



Gambar 5.7 Curah Hujan Pos Hujan Kedungrejo dan TRMM Terkoreksi Probabilitas dan Mamenun .....	43
Gambar 5.8 Kurva Durasi Pos Hujan Pujon, TRMM Asli dan TRMM Terkoreksi .....	44
Gambar 5.9 Curah Hujan Pos Hujan Pujon dan TRMM Terkoreksi Probabilitas dan Mamenun .....	44
Gambar 5.10 Kurva Durasi Pos Hujan Sekar, TRMM Asli dan TRMM Terkoreksi .....	45
Gambar 5.11 Curah Hujan Pos Hujan Sekar dan TRMM Terkoreksi Probabilitas dan Mamenun .....	45
Gambar 5.12 Kurva Durasi Pos Hujan Ngantang, TRMM Asli dan TRMM Terkoreksi .....	46
Gambar 5.13 Curah Hujan Pos Hujan Ngantang dan TRMM Terkoreksi Probabilitas dan Mamenun .....	46
Gambar 5.14 Curah Hujan Pos Hujan, TRMM Terkoreksi Mamenun dan TRMM Terkoreksi Lengkung Probabilitas .....	47
Gambar 5.15 Kurva Durasi Curah Hujan Wilayah dan TRMM Terkoreksi .....	48
Gambar 5.16 Curah Hujan Wilayah dan TRMM Terkoreksi .....	48
Gambar 5.17 Potensial Evapotrasnpirasi .....	49
Gambar 5.18 Kalibrasi Model Hujan Limpasan .....	50
Gambar 5.19 Verifikasi Model Hujan Limpasan Data Satelit TRMM .....	51
Gambar 5.20 Model Hujan Limpasan Curah Hujan Wilayah Tahun 1998 -2019 ..	52

Gambar 5.21 Kurva Durasi Debit Andal DTA Waduk Selorejo .....	53
Gambar 5.22Kebutuhan Air Irigasi .....	54
Gambar 5.23Skema Waduk Selorejo .....	55
Gambar 5.24Hasil Simulasi PLTA Selorejo Kondisi Eksiting .....	57
Gambar 5.25Hasil Simulasi PLTA Mendalan Kondisi Eksisting .....	58
Gambar 5.26Hasil Simulasi PLTA Siman Kondisi Eksisting .....	59
Gambar 5.27Simulasi DI Siman Kondisi Eksisting .....	60
Gambar 5.28Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 1 .....	61
Gambar 5.29Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 1 .....	62
Gambar 5.30Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 1 .....	63
Gambar 5.31 Simulasi DI Siman Skenario 1 .....	64
Gambar 5.32Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 2 .....	65
Gambar 5.33Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 2 .....	66
Gambar 5.34Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 2 .....	67
Gambar 5.35Simulasi DI Siman Skenario 2 .....	68
Gambar 5.36Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 3 .....	69
Gambar 5.37Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 3 .....	70
Gambar 5.38Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 3 .....	71
Gambar 5.39Simulasi DI Siman Skenario 3 .....	72
Gambar 5.40Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 4 .....	73
Gambar 5.41Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 4 .....	74

Gambar 5.42 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 4.....	75
Gambar 5.43 Simulasi DI Siman Skenario 4.....	76
Gambar 5.44 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 5.....	77
Gambar 5.45 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 5.....	78
Gambar 5.46 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 5.....	79
Gambar 5.47 Simulasi DI Siman Skenario 5.....	80
Gambar 5.48 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 6.....	81
Gambar 5.49 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 6.....	82
Gambar 5.50 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 6.....	83
Gambar 5.51 Simulasi DI Siman Skenario 6.....	84
Gambar 5.52 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 7.....	85
Gambar 5.53 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 7.....	86
Gambar 5.54 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 7.....	87
Gambar 5.55 Simulasi DI Siman Skenario 7.....	88
Gambar 5.56 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 8.....	89
Gambar 5.57 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 8.....	90
Gambar 5.58 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 8.....	91
Gambar 5.59 Simulasi DI Siman Skenario 8.....	92
Gambar 5.60 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 9.....	93
Gambar 5.61 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 9.....	94
Gambar 5.62 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 9.....	95

Gambar 5.63 Simulasi DI Siman Skenario 9 .....	95
Gambar 5.64 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Selorejo Skenario 10 .....	96
Gambar 5.65 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Mendalan Skenario 10 .....	97
Gambar 5.66 Hasil Simulasi Alokasi Air PLTA Siman Skenario 10 .....	98
Gambar 5.67 Simulasi DI Siman Skenario 10 .....	99
Gambar 5.68 Persentase Keberhasilan Tiap Skenario .....	100
Gambar 5.69 Skema WEFL Nexus .....	100
Gambar 5.70 Produksi Air Dari Total Energi yang Tersedia.....	104

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Intensitas air untuk produksi energi (Lamberton, 2010).....	9
Tabel 2.2.	Kebutuhan air untuk produk pangan (Mekonnen dan Hoekstra, 2010) .....	9
Tabel 2.3.	Intensitas energi untuk produksi air bersih (Hoff, 2011; Mohtar dan Daher, 2012) .....	10
Tabel 2.4.	Energi dan CE Dalam Produksi Pangan (Lal 2004; Canakci dkk 2005; Jackson 2010) .....	11
Tabel 2.5.	Persamaan Regresi Mamenun.....	14
Tabel 2.6.	Nilai Koefisien Korelasi .....	22
Tabel 2.7.	Kriteria Nilai <i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE) .....	23
Tabel 5.1.	Persentase Bobot Wilayah Tiap Sub DAS.....	40
Tabel 5.2.	Angka Koreksi TRMM Terhadap Pos Hujan .....	47
Tabel 5.3.	Nilai RMSE Hasil Koreksi TRMM Terhadap Pos Hujan.....	47
Tabel 5.4.	Nilai RMSE Hasil Koreksi TRMM Terhadap Rata-rata Angka Koreksi Pos Hujan .....	48
Tabel 5.5.	Parameter Kalibrasi Model .....	50
Tabel 5.6.	Debit Andal DAS Waduk Selorejo.....	52
Tabel 5.7.	Persentase Keberhasilan Tiap Skenario .....	99
Tabel 5.8.	Rata-Rata Produksi Listrik per Bulan.....	101

Tabel 5.9. Produksi Listrik per Tahun..... 101

Tabel 5.10. Rata-Rata Debit Pemeliharaan Sungai ..... 102

Tabel 5.11. Produksi Padi per Tahun ..... 103

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Kebutuhan air, energi dan pangan meningkat seiring dengan semakin tingginya laju pertumbuhan penduduk. Kebutuhan yang tidak diimbangi dengan ketersediaan sumberdaya dan pemanfaatan yang efisien akan meyebabkan terjadinya kelangkaan air, energi dan pangan. Konsep *Integrated Water Resources Management (IWRM)* diperkenalkan sebagai kerangka kerja untuk meningkatkan kinerja pengembangan dan pengelolaan sumber daya air berdasarkan prinsip keadilan sosial, efisiensi ekonomi dan kelestarian lingkungan (Rahaman dan Varis 2017).

Indonesia dan Sri Lanka adalah negara di Asia Tenggara yang ikut menerapkan konsep IWRM. PLTA yang berfungsi sebagai pemasok listrik utama di Sri Lanka harus dihadapkan pada kebutuhan pasokan air baku yang terus meningkat. Konflik tersebut melibatkan beberapa pemangku kepentingan yang mempunyai wewenang dalam pendistribusian listrik, penyediaan air bersih dan irigasi. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan air yang ada, pemerintah Sri Lanka menetapkan alokasi air berdasarkan skala prioritas yang menyertakan pertimbangan atas kebutuhan pangan, listrik, industri dan lingkungan dalam mengelola sumber daya air (Manthrithilake dan Liyanagama 2012). Hal serupa juga dilakukan oleh pemerintah Indonesia yang menerapkan konsep IWRM dengan membentuk lembaga dalam hal ini Balai Wilayah Sungai (BWS) yang bertugas mengelola kuantitas dan kualitas air sepanjang aliran sungai. Bersama-sama dengan lembaga

nasional lainnya seperti perusahaan listrik, pengelola waduk, pengelola irigasi, dan PDAM, BWS merumuskan rencana pengelolaan jangka pendek dan jangka panjang untuk tetap menjaga kelestarian air.

Korelasi atau keterkaitan antara air, energi, dan pangan atau biasa dikenal dengan *Water-Energy-Food* (WEF) nexus merupakan pengembangan konsep IWRM yang menempatkan air, energi dan pangan pada tingkat prioritas yang sama dan tetap menjaga keamanan sumber daya (Wicaksono dan Jeong 2017). Secara umum, WEF nexus mengintegrasikan hubungan timbal balik air, energi, produksi dan konsumsi pangan dalam satu kerangka kerja. Sebagai contoh, untuk memompa dan mendistribusikan air dibutuhkan energi yang cukup, sedangkan energi membutuhkan air untuk proses pendinginan dalam produksi listrik. Serupa dengan itu, air dan energi dibutuhkan untuk produksi dan pendistribusian pangan.

Beberapa studi mengenai WEF nexus yang telah dilakukan diantaranya yaitu Republik Mauritius yang menerapkan *Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism* (MuSIASEM) dalam upaya merumuskan pengelolaan energi dan pangan. Studi ini menghasilkan dua skenario pengelolaan energi dan pangan yang dapat digunakan untuk meningkatkan produksi lokal guna mengurangi ketergantungan terhadap impor energi dan pangan (Giampietro, dkk 2013). Penelitian lainnya yaitu Qatar yang menerapkan model WEF Nexus 2.0 guna memprediksi kebutuhan air, energi, lahan pertanian dan emisi karbon dalam proses produksi makanan termasuk perhitungan kebutuhan impor (Mohtar dan Daher 2014).

Indonesia akan menghadapi kelangkaan air dan pangan akibat kapasitas air berkurang dan populasi penduduk yang semakin bertambah. Penambahan fasilitas



pengolahan air akan meningkatkan pasokan air untuk daerah perkotaan dan industri, tetapi hal tersebut berdampak pada konsumsi energi yang digunakan untuk pengolahan air semakin meningkat dan menyebabkan terjadinya kelangkaan energi (Wicaksono dan Kang 2019). Di Indonesia penerapan konsep WEFLN (*Water, Energy, Food, and Land Nexus*) dilakukan untuk meningkatkan pengelolaan Waduk Jatiluhur. Studi ini menunjukkan bahwa penekanan pada satu sektor tertentu akan berdampak pada sektor lainnya yang pada akhirnya pembagian air untuk masing-masing kepentingan menjadi tidak sama. Sebagai contoh air digunakan untuk mendukung daerah irigasi, pembangkit listrik dan juga produksi perikanan. Jika penggunaan air lebih banyak digunakan untuk daerah irigasi, maka ketersediaan air untuk PLTA dan juga produksi ikan akan berkurang begitupun sebaliknya. Dalam konsep nexus tidak dapat menitik beratkan pada salah satu sektor karena secara dinamis saling bergantung dengan sektor lainnya (Bahri 2020). Hasil studi yang dilakukan oleh Wicaksono dan Kang (2019) menegaskan adanya keterkaitan yang kuat antara air dan energi dalam pemodelan WEF Nexus skala nasional. Walaupun terlihat sederhana, namun hubungan antar air, energi dan pangan ini bersifat sinergi, konflik, maupun *trade-off* dan bersifat dinamik (Nugroho 2020).

Salah satu penelitian yang mengambil lokasi studi di Wilayah Sungai Brantas ditujukan untuk mengkaji lebih lanjut mengenai efisiensi penggunaan air pada sektor irigasi yang menghasilkan sejumlah inisiatif berbasis WEF nexus dimana pengelola dinilai perlu memberikan dukungan bagi Gerakan Peningkatan Produksi Pangan Berbasis Korporasi-GP3K dan pengembangan lokasi potensial di daerah irigasi sebagai pembangkit tenaga listrik (Hidayat, dkk 2014).

Terlepas dari demikian banyaknya penelitian terkait WEF nexus yang telah dilakukan, faktor lingkungan masih belum banyak diulas, sementara faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap ketahanan sumber daya. Studi ini ditujukan untuk mempelajari dan mengevaluasi hubungan antara air, energi, pangan dan lingkungan.

Waduk Selorejo dikelola oleh Perum Jasa Tirta 1, bersama Pembangkit Jawa Bali dan Dinas Pengairan dan Irigasi. Dalam pengelolaannya diketahui terdapat banyak hal yang masih dilaksanakan menggunakan pendekatan sektoral, atau dengan kata lain belum terintegrasi dengan baik serta kurang mempertimbangkan dampak terhadap fungsi DAS, sehingga menjadikan pengelolaan Waduk Selorejo dinilai belum optimal. Selain itu dalam studi lainnya dinyatakan bahwa kapasitas tampungan total Waduk Selorejo telah berkurang sebesar 44,01 juta m<sup>3</sup> atau sebanding dengan 70,6% dari kapasitas tampungan total rancangan sebesar 62,30 juta m<sup>3</sup> dan diprediksikan pada tahun 2020 Daerah Irigasi Konto mengalami kekurangan air dengan tingkat keberhasilan penyediaan air irigasi di bawah 80% (Dinas Pekerjaan Umum 2010). Penelitian lainnya menyebutkan bahwa pada tahun 2011 kapasitas tampungan efektif Waduk Selorejo sebesar 36,411 juta m<sup>3</sup> (Hidayat 2014) dan pada tahun 2017 kapasitas tampungan maksimum sebesar 30,72 juta m<sup>3</sup> (Ferdian 2020). Hal lain yang terjadi di Waduk Selorejo yaitu penurunan wisatawan, dimana banyak pengunjung yang biasanya menikmati keindahan alam Waduk Selorejo dengan menggunakan perahu, namun karena muka air waduk menurun, mengakibatkan jumlah wisatawan berkurang.

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan terlihat hubungan antara air, energi dan pangan yang saling berkaitan dalam pengelolaannya, namun sampai saat ini belum banyak studi yang mengulas mengenai faktor lingkungan, sementara faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap ketahanan sumber daya.

Dalam penelitian ini akan dimodelkan neraca air waduk dengan menerapkan konsep nexus, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam mengelola sumber daya untuk jangka waktu panjang.

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan alokasi air pemeliharaan lingkungan Waduk Selorejo yang mempertimbangkan keterkaitan air, energi, pangan dan lingkungan.

## **1.4 PEMBATASAN MASALAH**

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu mengevaluasi keandalan Waduk Selorejo dengan pemanfaatan yang akan ditinjau yaitu PLTA, irigasi dan pemeliharaan sungai. Pemodelan nexus dilakukan dengan mempertimbangkan ketahanan energi, pangan dan keberlanjutan lingkungan. Pada penelitian ini tidak memperhitungkan sedimentasi di waduk.

## **1.5 SISTEMATIKA PENULISAN**

Sistematika penulisan dalam laporan ini terdiri dari enam bab dengan uraian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN yang berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA yang berisikan teori-teori yang terkait dengan perhitungan dan analisis yang akan dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN berisikan uraian atau penjelasan mengenai tahap-tahap analisis yang dilakukan.

BAB IV GAMBARAN UMUM LOKASI STUDI yang berisikan uraian yang terkait lokasi studi.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN yang berisikan mengenai hasil analisis yang telah dilakukan serta pembahasannya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN yang berisikan kesimpulan dari hasil analisis serta saran untuk kajian lebih lanjut.