

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KEANDALAN EMBUNG SENDANGTIRTO
DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU DAN
IRIGASI DAERAH BERBAH SLEMAN
(*ANALYSIS OF RELIABILITY IN EMBUNG
SENDANGTIRTO FOR FULFILLING WATER
DEMAND AND IRRIGATION IN BERBAH SLEMAN*)**

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



**Arief El Hakam Tazka
15511048**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEANDALAN EMBUNG SENDANGTIRTO DALAM MEMENUHI KEBUTUHAN AIR BAKU DAN IRIGASI DAERAH BERBAH SLEMAN (*ANALYSIS OF RELIABILITY IN EMBUNG SENDANGTIRTO FOR FULFILLING WATER DEMAND AND IRRIGATION IN BERBAH SLEMAN*)

Disusun oleh

Arief El Hakam Tazka
15511048

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

Diuji pada tanggal 17 Juli 2020
Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing



**Sri Amini Yuni Astuti, Dr. Ir.,
M.T.**
NIK:135111101

Penguji I



**D. A. Wahyu Wulan P., S.T.,
M.T.**
NIK:155111301

Penguji II



**Pradipta Nandi W., S.T.,
M.Eng.**
NIK:135111102

Mengesahkan,



Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.
NIK:13511101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 14 April 2020
Yang membuat pernyataan,



Arief El Hakam Tazka
(15511048)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Keandalan Embung Sendangtirto Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku dan Irigasi Daerah Berbah Sleman*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T. selaku Dosen Pembimbing,
2. Ibu D. A. Wahyu Wulan P., S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I,
3. Bapak Pradipta Nandi W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II,
4. Bapak Dema Vidi Pramandari S.T., M.T. selaku direktur CV. Hycon Andrameda,
5. Bapak Drs. H. Abdullatip, M.M. dan ibu Nelly Widuri, M.Pd. selaku orang tua penulis yang telah berkorban begitu banyak, baik material maupun spiritual, hingga selesainya Tugas Akhir ini,
6. Adik-adik penulis: Qaed El Hazmi Aufar, Firza El Widad Abraz dan Arini Muti'atal Maula, atas doa dan dukungan yang telah diberikan,
7. Ibu Wasis Ari Wisesa A.Md. yang telah membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini,
8. Hera Aswan teman penulis yang berjasa meminjamkan laptopnya agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
9. Alifa Tasya Kurnia teman penulis yang membantu menemani dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
10. Teman-teman Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang senantiasa membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan Praktik Kerja ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi penulisan maupun isi laporan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Penulis berharap agar laporan Praktik Kerja ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 15 April 2020
Penulis



Arief El Hakam Tazka
15511048

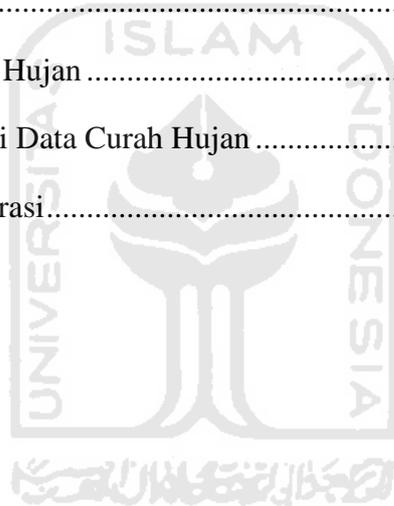
DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1 Perencanaan Embung Somosari di Jepara.....	4
2.1.2 Analisa Kapasitas Embung Untuk Suplai Air Irigasi.....	5
2.1.3 Evaluasi Kapasitas Embung Hadudu Daerah Irigasi Hutabagasan Kabupaten Humbang Hasundutan.....	6

2.2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	7
BAB III LANDASAN TEORI.....	12
3.1 Embung.....	12
3.1.1 Pengertian Embung	12
3.1.2 Tipe Embung	12
3.1.3 Pola Operasi Embung.....	14
3.2 Hidrologi.....	15
3.2.1 Siklus Hidrologi	15
3.2.2 Hujan	17
3.2.3 Limpasan (<i>Runoff</i>) dan Tangkapan Hujan	17
3.3 Evaporasi dan Transpirasi.....	18
3.3.1 Radiasi matahari.....	18
3.3.2 Angin.....	19
3.3.3 Kelembaban Relatif.....	19
3.3.4 Temperatur	19
3.4 Kebutuhan Air	20
3.4.1 Kebutuhan Air Irigasi.....	20
3.4.2 Kebutuhan Air Baku.....	22
3.5 Tampung Embung.....	24
3.5.1 Kapasitas embung berdasarkan kebutuhan air (V_n)	24
3.5.2 Kapasitas embung berdasarkan ketersediaan air (V_h).....	26
3.5.3 Kapasitas embung berdasarkan kondisi topografi (V_p).....	27
3.6 Neraca Air.....	27
3.7 Tingkat Keandalan.....	28
BAB IV METODE PENELITIAN	30

4.1 Lokasi Penelitian	30
4.2 Tahapan Penelitian.....	30
4.3 Pengumpulan Data.....	31
4.4 Analisis Data.....	32
4.4.1 Kapasitas tampungan berdasarkan kebutuhan air	32
4.4.2 Kapasitas tampungan berdasarkan ketersediaan air	33
4.4.3 Kapasitas tampungan berdasarkan topografi.....	33
4.4.4 Penentuan kapasitas embung.....	33
4.4.5 Simulasi neraca air	33
4.4.6 Tingkat Keandalan Pelayanan.....	33
BAB V ANALISIS DAN SIMULASI NERACA AIR	36
5.1 Hujan.....	36
5.2 Limpasan Permukaan dan Tangkapan Hujan	43
5.3 Kebutuhan Air Baku	44
5.4 Kebutuhan Air Irigasi	47
5.5 Analisis Karakteristik Embung.....	49
5.5.1 Hubungan Elevasi Dengan Luas	49
5.5.2 Hubungan Elevasi Dengan Volume	50
5.6 Analisis Kapasitas Embung Berdasar Ketersediaan Air (V_h).....	52
5.7 Analisis Kapasitas Embung Berdasar Kebutuhan Air (V_n)	54
5.8 Analisis Kapasitas Embung Berdasar Topografi (V_p).....	58
5.9 Kapasitas Embung	58
5.10 Neraca Air dan Tingkat Keandalan	58
5.10.1 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Pelayanan Air Irigasi.....	59

5.10.2 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Pelayanan Air	
Baku dan Irigasi	69
5.10.3 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Optimasi.....	80
5.11 Pembahasan	93
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	95
6.1 Kesimpulan.....	95
6.2 Saran	96
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN.....	101
Lampiran 1 Data Curah Hujan	102
Lampiran 2 Rekapitulasi Data Curah Hujan	127
Lampiran 3 Data Evaporasi.....	128



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilakukan	8
Tabel 3.1 Koefisien Limpasan (C)	17
Tabel 3.2 Kriteria Penentuan Kebutuhan Air	24
Tabel 5.1 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2006.....	36
Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Curah Hujan Periode I Tahun 2006-2018 (Stasiun Santan)	37
Tabel 5.3 Rekapitulasi Data Curah Hujan Periode I Tahun 2006-2018 (Stasiun Karang Ploso).....	38
Tabel 5.4 Rekapitulasi Curah Hujan Rerata Periode I	39
Tabel 5.5 Rekapitulasi Curah Hujan Rerata Periode II.....	39
Tabel 5.6 Curah Hujan bulan Januari Periode I Setelah Diurutkan	40
Tabel 5.7 Nilai P Pada Bulan Januari Periode I.....	40
Tabel 5.8 Data Hujan Periode I.....	41
Tabel 5.9 Data Hujan Periode II	41
Tabel 5.10 Hujan 80%.....	42
Tabel 5.11 Jumlah Penduduk Kelurahan Sendangtirto	45
Tabel 5.12 Laju Pertumbuhan Penduduk	45
Tabel 5.13 <i>Net Field Requirement</i> (NFR).....	47
Tabel 5.14 Kebutuhan Air Irigasi (KAI).....	48
Tabel 5.15 Data Elevasi dan Luas Permukaan Embung	49
Tabel 5.16 Volume Tampungan Embung	51
Tabel 5.17 Rekapitulasi Kapasitas Tampungan Embung Berdasar Ketersediaan Air (V_h)	53
Tabel 5.18 Data Penguapan.....	55
Tabel 5.19 Data Penguapan.....	57
Tabel 5.20 Data Ketersediaan Air	59
Tabel 5.21 Kebutuhan Air Irigasi.....	60
Tabel 5.22 Data Evaporasi	61

Tabel 5.23 Penentuan Nilai n	62
Tabel 5.24 Nilai <i>Inflow</i> (I_n)	63
Tabel 5.25 Nilai <i>Outflow</i> (O_n)	64
Tabel 5.26 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Pelayanan Irigasi	68
Tabel 5.27 Data Ketersediaan Air	69
Tabel 5.28 Kebutuhan Air Irigasi	70
Tabel 5.29 Kebutuhan Air Baku	71
Tabel 5.30 Data Evaporasi	72
Tabel 5.31 Penentuan Nilai n	73
Tabel 5.32 Nilai <i>Inflow</i> (I_n)	74
Tabel 5.33 Nilai <i>Outflow</i> (O_n)	75
Tabel 5.34 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Pelayanan Air Baku dan Irigasi	79
Tabel 5.35 Data Ketersediaan Air	83
Tabel 5.36 Kebutuhan Air Irigasi	83
Tabel 5.37 Kebutuhan Air Baku	84
Tabel 5.38 Data Evaporasi	85
Tabel 5.39 Penentuan Nilai n	86
Tabel 5.40 Nilai <i>Inflow</i> (I_n)	88
Tabel 5.41 Nilai <i>Outflow</i> (O_n)	89
Tabel 5.42 Rekapitulasi Neraca Air Embung Untuk Optimasi	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Siklus Hidrologi	16
Gambar 3.2 Konsep Dasar Neraca Air.....	28
Gambar 4.1 Lokasi Embung Sendangtirto	30
Gambar 4.2 Diagram Alir Tugas Akhir	34
Gambar 5.1 Luas Tangkapan Hujan dan Tataguna Lahan.....	43
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Elevasi dengan Luas Permukaan.....	50
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Elevasi dengan Volume.....	52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Curah Hujan	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2 Rekapitulasi Data Curah Hujan	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3 Data Evaporasi.....	Error! Bookmark not defined.





DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

m	= Peringkat
n	= Jumlah tahun
P	= Probabilitas
R_j	= Hujan 80% pada bulan ke- j
V_h	= Volume air yang dapat mengisi kolam embung
P_t	= Jumlah penduduk pada tahun t
P_o	= Jumlah penduduk pada tahun dasar
t	= Jangka waktu
r	= Laju pertumbuhan penduduk
V_u	= Volume tampungan hidup untuk melayani berbagai kebutuhan air
V_e	= Jumlah penguapan yang terjadi sepanjang tahun
V_i	= Jumlah resapan melalui dasar dinding dan tubuh embung yang terjadi sepanjang tahun
V_s	= Ruang yang disediakan untuk sedimen
V_n	= Volume tampungan berdasarkan kebutuhan air
J_h	= Jumlah hari selama musim kemarau
J_p	= Jumlah penduduk yang dilayani
Q_u	= Kebutuhan air baku perliter perkapita perhari
KAI	= Jumlah kebutuhan air irigasi sepanjang tahun
E_{kj}	= Penguapan bulanan pada bulan ke- j
K	= Faktor yang nilainya tergantung dari sifat lulus air material dasar dan dinding kolam embung
A_{embung}	= Luas permukaan air pada embung
V_1	= Volume tampungan embung
a_0	= Elevasi 0
a_1	= Elevasi 1
A_0	= Luas permukaan untuk elevasi a_0

- A_1 = Luas permukaan untuk elevasi a_1
- V_p = Volume maksimum kolam embung
- S_n = Volume tampungan awal periode ke-n
- S_{n+1} = Volume tampungan awal periode ke n+1
- I_n = Volume air yang masuk embung terdiri dari mata air dan air hujan yang jatuh pada embung dikurangi dengan penguapan dan rembesan periode ke n
- O_n = Volume air yang keluar embung periode ke n (pelayanan untuk air baku dan irigasi)
- TK = Tingkat keandalan



ABSTRAK

Pengelolaan sumber air di Daerah Berbah Kabupaten Sleman masih kurang maksimal. Mata air dan air hujan yang jatuh pada daerah tersebut hanya sedikit yang tertahan dan sisanya merupakan air limpasan yang langsung mengalir ke sungai sungai. Oleh sebab itu diperlukan suatu upaya sebagai pemecahan masalah dan perencanaan teknis. Salah satu upaya pengelolaan sumber air yang dapat dilakukan adalah dengan membangun penampung air berupa embung. Dengan adanya bangunan Embung Sendangtirto ini maka air hujan yang jatuh dan mata air pada Daerah Berbah Kabupaten Sleman ini dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan masyarakat.

Penelitian dilakukan dengan beberapa analisis, yaitu analisis hidrologi, analisis karakteristik embung, dan analisis kapasitas embung dengan metode tiga perbandingan meliputi analisis kapasitas embung berdasar ketersediaan air, analisis kapasitas embung berdasar kebutuhan air, dan analisis kapasitas embung berdasar topografi. Keandalan embung dilakukan dengan simulasi neraca air embung dan tingkat keandalan embung dalam memenuhi kebutuhan air masyarakat.

Kapasitas tampungan embung sebesar 31881,34 m³ dengan tampungan hidup sebesar 27860,34 m³ dan tampungan mati sebesar 4021 m³. Luas sawah yang dilayani oleh embung adalah 24,82 ha dengan kebutuhan air sebesar 232736,9414 m³ selama musim kemarau. Proyeksi jumlah penduduk selama 10 tahun adalah 43732 jiwa dengan total kebutuhan sebesar 1016769 m³ selama musim kemarau. Jumlah penduduk yang dapat dilayani oleh embung adalah hanya 14000 jiwa dengan total kebutuhan sebesar 244650 m³ selama musim kemarau. Tingkat keandalan dilakukan dengan 3 kondisi. Pertama, tingkat keandalan embung untuk pelayanan air irigasi dengan hasil 100% pada setiap periodenya. Kedua, tingkat keandalan embung untuk pelayanan air irigasi dan air baku tahun 2028 dengan nilai terendah 32,4%. Ketiga, tingkat keandalan embung untuk optimasi pelayanan air irigasi dan air baku untuk sebagian jumlah penduduk dengan hasil terendah 65,1%.

Kata kunci: Embung, Neraca air, Tingkat keandalan

ABSTRACT

Management of water sources in the Berbah Region of Sleman Regency is still not optimal. Only a few springs and rain water that falls in the area are retained and the rest is runoff water that flows directly into the river. Therefore we need an effort as problem solving and technical planning. One effort to manage water sources that can be done is to build a water reservoir in the form of a reservoir. With this Embung Sendangtirto building, the falling rainwater and springs in the Berbah District of Sleman Regency can be utilized for community needs.

The study was conducted with several analyzes, namely hydrological analysis, analysis of reservoir characteristics, and analysis of reservoir capacity with a three-comparison method including analysis of reservoir capacity based on water availability, analysis of reservoir capacity based on water requirements, and analysis of reservoir capacity based on topography. The reliability of the reservoir is done by simulating a reservoir water balance and the level of reservoir reliability in meeting the community's water needs.

The capacity of the reservoir is 31881.34 m³ with a living reservoir of 27860.34 m³ and the dead storage capacity is 4021 m³. The area of rice fields served by the reservoir is 24.82 ha with a water requirement of 232736.9414 m³ during the dry season. The projected population for 10 years is 43732 people with a total need of 10,16769 m³ during the dry season. The total population that can be served by the reservoir is only 14000 inhabitants with a total need of 244650 m³ during the dry season. The level of reliability is done in 3 conditions. First, the level of reliability of the reservoir for irrigation water services with 100% yield in each period. Second, the level of reliability of reservoirs for irrigation and raw water services in 2028 with the lowest value of 32.4%. Third, the level of reservoir reliability for optimizing irrigation and raw water services for the majority of the population with the lowest yield of 65.1%.

Keywords: Dam, water balance, reliability level

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan komponen yang sangat penting untuk menunjang kebutuhan makhluk hidup di dunia baik itu manusia, hewan, maupun tumbuh tumbuhan untuk kelangsungan hidup. Seperti halnya oksigen, pentingnya peran air seringkali tidak disadari karena jumlahnya yang melimpah. Peran air biasanya baru dirasakan ketika kebutuhan akan air sulit dipenuhi atau ketika air menimbulkan masalah. Air merupakan bahan alam yang memiliki banyak manfaat, digunakan mulai dari keperluan minum, memasak, mencuci, irigasi, sampai dengan sumber energi.

Menurut *The United States Geological Survey Water Science School*, 71% permukaan bumi ini tertutupi oleh air. Sekitar 97% air di bumi adalah lautan dan hanya 3% air yang tidak mengandung garam atau disebut air tawar. Dari total jumlah 3% air tawar yang terdapat di bumi, sekitar 79% merupakan es dan gletser, 20% air tanah, dan hanya 1% air yang dapat dimanfaatkan.

Indonesia dijuluki sebagai negara agraris karena dilewati oleh garis khatulistiwa yang menyebabkan Indonesia menjadi negara yang beriklim tropis dengan dua musim yaitu musim panas dan musim hujan. Wilayah Indonesia memiliki tanah yang subur dan udara yang cocok untuk pertanian. Selain menghasilkan bahan pangan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, pertanian juga menjadi prioritas untuk ditingkatkan produktivitasnya karena dapat dikatakan sebagai roda penggerak perekonomian Nasional. Salah satu penunjang untuk meningkatkan produktivitas pertanian di Indonesia adalah dengan memenuhi kebutuhan air pertanian. Jumlah kebutuhan air untuk sektor pertanian sangat besar dan kian meningkat seiring dengan penambahan penduduk, sementara ketersediaan air semakin berkurang dan diperparah oleh pencemaran, sehingga untuk memenuhi kebutuhan air dalam jumlah besar dengan kualitas air yang baik sangat sulit dipenuhi.

Pengelolaan sumber air di Daerah Berbah Kabupaten Sleman masih kurang maksimal. Meskipun ada mata air di daerah tersebut hanya menjadi limpasan saja dan terbuang sia-sia. Sedangkan air hujan yang jatuh hanya sedikit yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Akibat dari kejadian ini adalah sedikitnya air permukaan yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan, utamanya pertanian.

Oleh sebab itu diperlukan suatu upaya sebagai pemecahan masalah dan perencanaan teknis untuk mendapatkan fungsi dan manfaat dari sistem pengelolaan air yang baik, sehingga roda kehidupan dan perekonomian masyarakat dapat berjalan baik dengan memanfaatkan lahan yang ada.

Salah satu upaya pengelolaan sumber air yang dapat dilakukan adalah dengan membangun embung penampung air. Embung ini berfungsi menampung air permukaan, air hujan, dan mata air sehingga air yang tertampung dalam embung dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Selain berfungsi sebagai penampung air, embung juga dapat berfungsi sebagai bangunan konservasi air tanah, karena air yang tertampung di embung akan meresap ke dalam tanah sehingga ketersediaan air tanah di daerah tersebut akan bertambah.

Dengan adanya Embung Sendangtirto ini maka air hujan yang jatuh dan mata air pada Daerah Berbah Kabupaten Sleman dapat ditampung dan dimanfaatkan untuk pertanian, perkebunan, ataupun kebutuhan masyarakat setempat. Diperlukan rencana kapasitas tampungan embung yang sesuai agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang dapat diuraikan adalah sebagai berikut:

1. Berapa kebutuhan air yang diperlukan untuk air baku dan irigasi setempat?
2. Berapa kapasitas tampungan Embung Sendangtirto?
3. Bagaimana keandalan Embung Sendangtirto dalam memenuhi kebutuhan air?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kebutuhan air yang diperlukan untuk air baku dan irigasi setempat
2. Mengetahui kapasitas tampungan Embung Sendangtirto
3. Mengetahui keandalan Embung Sendangtirto dalam memenuhi kebutuhan air

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui kapasitas tampungan Embung Sendangtirto dalam memenuhi kebutuhan irigasi Daerah Berbah Kabupaten Sleman dan diharapkan dapat menjadi acuan bagi perencana dalam membangun embung ini.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian ini dimaksudkan agar penelitian tepat dan tidak menyimpang dari judul penelitian. Adapun batasan penelitian untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada Embung Sendangtirto yang berlokasi di Daerah Berbah Kabupaten Sleman.
2. Tidak dilakukan perhitungan perencanaan teknis bangunan Embung Sendangtirto dan bangunan pelimpahnya.
3. Kebutuhan air baku dan air irigasi diambil dari data yang sudah ada.
4. Embung *off stream*, embung terletak di luar aliran sungai, walaupun ada saluran inlet yang mengalirkan limpasan permukaan ke embung. Namun luas daerah tangkapan adalah kecil, jadi limpasan permukaan yang masuk ke embung diabaikan.
5. Ketersediaan air Embung Sendangtirto dihitung dari hujan yang jatuh di atas embung dan debit mata air yang ada pada lokasi embung.
6. Data hujan diambil dari Stasiun Santan dan Stasiun Karang Ploso tahun 2006 sampai 2018.
7. Penelitian yang dilakukan yaitu hanya analisis simulasi keandalan embung.

8. Analisis simulasi keandalan embung dilakukan pada 3 kondisi. Kondisi pertama yaitu analisis simulasi keandalan embung untuk pelayanan air irigasi. Kondisi kedua yaitu analisis simulasi keandalan embung untuk pelayanan air irigasi dan air baku untuk seluruh penduduk proyeksi 2028. Kondisi ketiga yaitu analisis simulasi keandalan embung untuk pelayanan air irigasi dan air baku untuk sebagian penduduk (optimalisasi).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada penelitian ini mengacu pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

2.1.1 Perencanaan Embung Somosari di Jepara

Utami dkk. (2015) menyatakan bahwa kondisi saat ini di wilayah Kabupaten Jepara, mengalami penurunan sumber daya air, antara lain berupa penurunan muka air tanah yang signifikan, kondisi air sungai yang kering pada musim kemarau dan banjir pada musim hujan, serta berkurangnya ketersediaan air baku baik untuk air minum maupun untuk irigasi. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengembalikan kondisi sumber daya air seperti semula adalah melalui 2 cara atau metode, yaitu metode non struktural dan metode struktural. Alternatif solusi yang dilakukan untuk mengembalikan sumber daya air di wilayah Kabupaten Jepara adalah dengan membangun bendungan kecil (embung) yang berfungsi sebagai penampung air, pengendali banjir dan Kawasan konservasi yang diusulkan untuk dibangun di Desa Somosari. Perencanaan Embung Somosari ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan terkait sumber daya air yang terjadi di Desa Somosari.

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode *Penman*, metode *Basic Year*, metode *Water Balance*, metode statistik, dan metode *Weduwen*. Analisis yang dilakukan yaitu analisis tampungan embung dari analisis kondisi topografi hasil pengukuran yang sudah dilakukan, analisis hidrologi, analisis muka air banjir, analisis hidrolis embung, serta melakukan simulasi tampungan. Data yang digunakan yaitu data curah hujan yang telah didapatkan dari dinas ESDM Kabupaten Jepara, data klimatologi, data pertanian, data tanah, dan peta topografi.

Kesimpulan dari perencanaan pembangunan Embung Somosari menurut penelitian ini yaitu jumlah tampungan maksimal yang dapat tertampung sebesar 100752,736 m³. Luas area sawah yang akan diairi adalah 475 Ha dengan kebutuhan air sebesar 1,65 lt/det/ha. Perencanaan debit banjir 100 tahun (Q₁₀₀) Embung

Somosari sebesar $426,279 \text{ m}^3/\text{det}$. Perencanaan elevasi dasar embung dibangun di elevasi $+274,48$; muka air normal $+288,48$; muka air banjir $290,48$; dengan lebar efektif $22,127 \text{ m}$.

2.1.2 Analisa Kapasitas Embung Untuk Suplai Air Irigasi

Irpan dkk. (2014) melakukan penelitian terhadap sungai-sungai kecil yang ada di Kabupaten Kampar yang biasa dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber air irigasi, seperti Sungai Panalugan yang terdapat di Kecamatan Kampar Utara tepatnya di Desa Sendayan. Namun saat musim kemarau, masyarakat Desa Sendayan kesulitan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi karena tidak cukupnya debit air di Sungai Panalugan dalam menyuplai kebutuhan air untuk irigasi. Mengatasi hal ini diupayakan menampung air hujan pada saat musim penghujan dengan cara membangun suatu embung sebagai penampung air. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisa kebutuhan air irigasi dan ketersediaan air, menganalisis kapasitas tampungan embung serta merencanakan mercu bendung dan tinggi tanggul pada embung.

Metode dan analisis data yang digunakan yaitu analisis frekuensi, analisis evapotranspirasi yang dilakukan dengan metode Penman yang telah dimodifikasi, analisis nilai curah hujan efektif, analisis debit andalan dengan metode FJ. Mock, analisis debit banjir dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu, analisis neraca air, analisis kapasitas tampungan embung, perencanaan mercu bendung *ogee* dan perencanaan tinggi tanggul. Data yang dipakai pada penelitian ini adalah data hidrologi, data klimatologi, data pertanian, dan data topografi.

Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini diketahui bahwa ketersediaan air dengan menggunakan perhitungan F. J. Mock menghasilkan debit andalan maksimum pada Bulan Januari Periode II sebesar $0,472 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan debit andalan minimum pada Bulan Juni Periode II sebesar $0,071 \text{ m}^3/\text{detik}$. Kebutuhan air irigasi maksimum pada Bulan Mei Periode I sebesar $0,210 \text{ m}^3/\text{detik}$ untuk melayani 150 Ha sawah dengan pola tanam Padi-Padi-Padi. Debit banjir rancangan kala ulang 50 tahun dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu sebesar $18,71 \text{ m}^3/\text{detik}$. Mercu bendung yang direncanakan adalah mercu bendung tipe *Ogee*. Nilai energi total di atas mercu (H_1) sebesar $0,86 \text{ m}$, tinggi energi di atas

mercu tanpa tinggi kecepatan (h_d) sebesar 0,86 m dan tinggi bendung sebesar 1,14 m. Tinggi tanggul maksimal dalam perencanaan tanggul yaitu 3 m.

2.1.3 Evaluasi Kapasitas Embung Hadudu Daerah Irigasi Hutabagasan Kabupaten Humbang Hasundutan

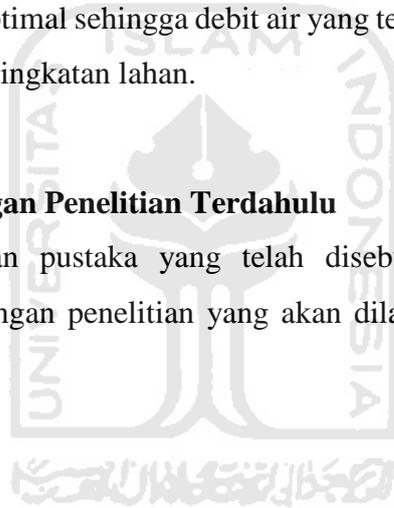
Penelitian ini dilakukan oleh Simbolon (2016), pengelolaan sumber air di Daerah Kabupaten Hasundutan masih kurang maksimal. Pada musim penghujan banyak terdapat air di sungai-sungai, namun pada musim kemarau menjadi berkurang airnya dan sebagian kawasan terkadang menjadi kering. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan konservasi di bidang sumber daya air salah satunya yaitu dengan dibangun embung atau cekungan penampung air sehingga nantinya kebutuhan air akan irigasi pertanian maupun kebutuhan lainnya dapat terpenuhi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mendapatkan gambaran berapa besar kapasitas volume tampungan air pada Embung Hadudu dan besar debit andalan yang dibutuhkan serta berapa besar kebutuhan ketersediaan air di irigasi tersebut.

Data yang digunakan dalam penelitian evaluasi kapasitas Embung Hadudu ini adalah data teknis di lapangan yaitu bangunan-bangunan Embung Hadudu yang terdiri dari bangunan utama, bangunan pengelak dengan peredam energi, *spillway*, *intake*, dan bangunan sadap irigasi, serta data teknis Embung Hadudu yang meliputi data genangan, data bangunan utama embung dan data sadap irigasi. Tahapan penelitian ini pengumpulan data yang terdiri dari 2 data yaitu data primer dan data sekunder. Untuk mendapatkan data primer dilakukan survei lapangan dan wawancara sehingga akan didapat kedalaman embung, sumber air embung, sistem irigasi persawahan serta dokumentasi gambar bangunan Embung Hadudu. Sedangkan untuk data sekundernya adalah volume embung, analisis curah hujan, analisis kebutuhan air irigasi dan debit andalan yang didapatkan dengan menggunakan metode analisa. Analisis volume dan kapasitas embung digunakan metode aplikasi autocad 2007. Analisis debit andalan embung digunakan metode F.J. Mock. Analisis kebutuhan irigasi digunakan metode evapotranspirasi, curah hujan dengan metode Arithmetic Mean dan metode Poligon Thiessen.

Hasil dari analisis dengan metode-metode diatas akan didapatkan kapasitas Embung Hadudu. Analisis curah hujan didapat curah hujan maksimum rerata terjadi di bulan November sebesar 200 mm dan curah hujan minimum terjadi di bulan Juli sebesar 50 mm. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan 24 alternatif pola tanam didapat nilai NFR (*Net Farm Ratio*) yang terkecil sebesar 2,59 mm/hari dengan awal *Land Preparation* pada periode Oktober I. Nilai debit andalan dari hasil analisis dengan metode F.J.Mock didapat nilai debit maksimum andalan 6,85 m³/detik pada bulan Januari dan debit minimum andalan 0,96 m³/detik pada bulan Juli. Kapasitas volume tampungan pada Embung Hadudu sebesar 52.815,76 m³. Kesimpulannya adalah untuk meningkatkan luas areal irigasi Hadudu diperlukan pemanfaatan air dengan optimal sehingga debit air yang tersedia mampu memenuhi kebutuhan debit untuk peningkatan lahan.

2.2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah disebutkan diatas, perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan terangkum dalam Tabel 2.1 berikut.



Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Utami dkk. (2015)	Irpan dkk. (2014)	Simbolon (2016)	Tazka (2019)
Judul	Perencanaan Embung Somosari di Jepara	Analisa Kapasitas Embung Untuk Suplai Air Irigasi	Evaluasi Kapasitas Embung Hadudu Daerah Irigasi Hutabagasan Kabupaten Humbang Hasundutan	Analisis Keandalan Embung Sendangtirto Dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku dan Irigasi Daerah Berbah Sleman
Tujuan	1. Untuk mendapatkan desain embung yang dapat menampung air, pengendali banjir, serta Kawasan konservasi air di Jepara.	1. Untuk menganalisa kebutuhan air irigasi dan ketersediaan air di Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Panalugan. 2. Untuk menganalisa kapasitas tampungan embung di Desa Sendayan Kecamatan Kampar Utara,	1. Untuk mendapatkan berapa besar kapasitas volume tampungan air pada embung Hadudu dan debit andalannya. 2. Untuk menghitung berapa besar kebutuhan air irigasi dalam memenuhi fungsinya sebagai sumber air bagi persawahan di Daerah	1. Mengetahui kebutuhan air yang diperlukan untuk air baku dan irigasi setempat. 2. Mengetahui kapasitas yang dapat tertampung pada Embung Sendangtirto. 3. Mengetahui keandalan Embung Sendangtirto dalam memenuhi kebutuhan air.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Utami dkk. (2015)	Irpan dkk. (2014)	Simbolon (2016)	Tazka (2019)
		3. Merencanakan mercu bendung dan tinggi tanggul pada embung.	Humbahas dan menentukan pola tanam yang terbaik.	
Metode	<ol style="list-style-type: none"> 1. Debit andalan dengan metode <i>Basic Year</i>. 2. Analisis sebaran hujan dengan metode statistik. 3. Perhitungan debit banjir rencana dengan metode <i>Weduwen</i>. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Besaran hujan dengan analisis frekuensi 2. Evapotranspirasi 3. Analisis curah hujan efektif dengan analisa distribusi frekuensi 4. Debit andalan dengan metode F.J.Mock 5. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan dengan rumus V.D. Goor-Ziljstra. 6. Debit Banjir Rancangan menggunakan Hidrograf 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengumpulan data primer dengan pengamatan langsung 2. Analisa tampungan embung dengan autocad 2007 3. Debit andalan embung dengan metode F.J.Mock 4. Analisa kebutuhan irigasi dengan metode evapotranspirasi 5. Curah hujan dengan metode <i>Arithmetic Mean</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian menggunakan data sekunder. 2. Perhitungan hujan dengan probabilitas 80% dan mata air. 3. Perhitungan kebutuhan air irigasi dan air baku. 4. Perhitungan kapasitas tampungan embung berdasarkan kebutuhan air, ketersediaan air, dan topografi. 5. Simulasi neraca air.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilakukan

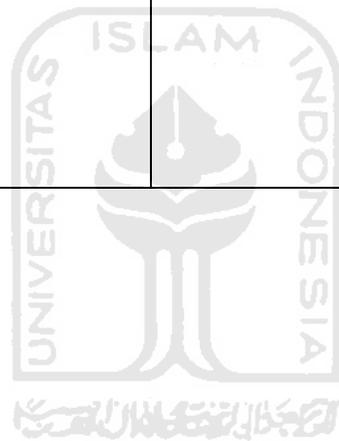
Peneliti	Utami dkk. (2015)	Irpan dkk. (2014)	Simbolon (2016)	Tazka (2019)
		Satuan Sintetik Nakayasu.	dan metode Poligon Thiessen	6. Perhitungan tingkat keandalan embung.
Hasil	<p>1. Diperoleh jumlah tampungan maksimal embung sebesar 100752,736 m³.</p> <p>2. Luas area sawah yang akan diairi adalah 475 Ha dengan kebutuhan air sebesar 1,65 lt/det/ha.</p>	<p>1. Ketersediaan air sungai Panalugan berupa debit andalan maksimum sebesar 0,473 m³/detik sedangkan debit andalan minimum sebesar 0,071 m³/detik.</p> <p>2. Kebutuhan air irigasi maksimum sebesar 0,210 m³/detik dengan luas sawah 150 Ha.</p>	<p>1. Curah hujan maksimum rerata sebesar 200 mm dan curah hujan minimum rerata sebesar 50 mm.</p> <p>2. Berdasarkan hasil analisa, nilai NFR (<i>Net Farm Ratio</i>) yang terkecil sebesar 2,59 mm/hari.</p> <p>3. Debit andalan maksimum sebesar 6,85 m³/detik, sedangkan debit andalan minimum sebesar 0,96 m³/detik.</p>	<p>1. Kebutuhan air irigasi sebesar 232736,9414 m³ dan kebutuhan air baku proyeksi 2035 sebesar 1016769 m³. Sedangkan kebutuhan air baku yang dapat melayani sebagian penduduk dengan jumlah 14000 jiwa sebesar 244650 m³.</p> <p>2. Tampungan maksimal pada Embung Sendangtirto adalah sebesar 31881,34 m³ dengan 27860,34 m³</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Utami dkk. (2015)	Irpan dkk. (2014)	Simbolon (2016)	Tazka (2019)
			<p>4. Volume tampungan Embung Hadudu sebesar 52.815,76 m³.</p>	<p>sebagai tampungan hidup dan 4021 m³ sebagai tampungan mati untuk sedimen.</p> <p>3. Tingkat keandalan Embung Sendangtirto dalam memenuhi air irigasi memiliki nilai 100%. Tingkat keandalan Embung Sendangtirto dalam memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku proyeksi 2035 memiliki nilai paling rendah adalah 32,4%. Tingkat keandalan Embung Sendangtirto</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Utami dkk. (2015)	Irpan dkk. (2014)	Simbolon (2016)	Tazka (2019)
				setelah dioptimasi dalam memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku dengan jumlah penduduk 14000 jiwa memiliki nilai terendah 65,1%.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Embung

3.1.1 Pengertian Embung

Embung merupakan bangunan yang berfungsi menampung air pada saat musim hujan untuk memenuhi kebutuhan suatu desa di musim kering. Selama musim hujan, embung difungsikan untuk menyimpan kelebihan air dan kebutuhan air penduduk menggunakan air di luar embung. Ketika musim kering, air yang tertampung dalam embung akan dilepaskan untuk memenuhi kebutuhan penduduk. Oleh karena itu pada setiap akhir musim hujan diharapkan kolam embung dapat terisi penuh air sesuai desain agar dapat dimanfaatkan secara maksimal pada saat musim kemarau. Untuk menjamin fungsi dan keamanannya embung mempunyai beberapa bagian yaitu:

1. Tubuh embung berfungsi menutup lembah atau cekungan (depresi) sehingga air dapat tertahan di udiknya.
2. Kolam embung berfungsi menampung air hujan.
3. Alat sadap berfungsi mengeluarkan air kolam bila diperlukan.
4. Jaringan distribusi, berupa rangkaian pipa, berfungsi membawa air dari kolam ke bak tandon air harian di atau dekat pemukiman (desa) secara gravitasi dan bertekanan, sehingga pemberian air tidak menerus (tidak kontinyu).
5. Pelimpah berfungsi mengalirkan banjir dari kolam ke lembah untuk mengamankan tubuh embung atau dinding kolam terhadap peluapan.

3.1.2 Tipe Embung

Soediby (1993) menyatakan bahwa terdapat empat tipe embung yaitu

1. Tipe embung berdasarkan tujuan pembangunannya

Terdapat dua tipe embung berdasarkan tujuan dari pembangunannya yaitu sebagai berikut.

- a. Embung dengan tujuan tunggal (*single purpose dams*)

Embung dengan tujuan tunggal adalah embung yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja. Contohnya yaitu embung yang dibangun untuk kebutuhan air baku atau irigasi (pengairan) atau perikanan atau tujuan lainnya tetapi satu tujuan saja.

b. Embung serbaguna (*multipurpose dams*)

Embung serbaguna adalah embung yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan. Contohnya yaitu embung yang dibangun untuk kebutuhan irigasi, air minum, PLTA, dan pariwisata.

2. Tipe embung berdasarkan penggunaannya

Terdapat 3 tipe embung berdasarkan penggunaannya yaitu sebagai berikut.

a. Embung penampung air (*storage dams*)

Embung penampung air adalah embung yang digunakan untuk menyimpan air pada masa surplus dan dipergunakan pada masa kekurangan. Selain itu tujuan embung penampung air adalah untuk rekreasi, perikanan, pengendalian banjir dan lainnya.

b. Embung pembelok (*diversion dams*)

Embung pembelok adalah embung yang digunakan untuk meninggikan muka air, biasanya untuk mengalirkan air ke dalam sistem aliran menuju ke tempat yang memerlukan air tersebut.

c. Embung penahan (*detention dams*)

Embung penahan adalah embung yang digunakan untuk memperlambat dan mengusahakan seoptimal mungkin efek aliran banjir yang mendadak. Air akan ditampung sementara dan dibiarkan meresap ke daerah sekitar lalu dialirkan melalui pelepasan (*outlet*).

3. Tipe embung berdasarkan letaknya terhadap aliran air

Terdapat dua tipe embung berdasarkan letaknya terhadap aliran air, yaitu

a. Embung pada aliran air (*on stream*)

Embung pada aliran air adalah embung yang dibangun untuk menampung air dan biasanya berada dekat dengan aliran air. Embung pada aliran air dilengkapi pelimpah (*spillway*).

b. Embung di luar aliran air (*off stream*)

Embung di luar aliran air adalah embung yang umumnya tidak dilengkapi pelimpah karena biasanya air dibendung terlebih dahulu pada aliran air (*on stream*) baru disuplesi ke tampungan.

4. Tipe embung berdasarkan material pembentukan

Terdapat dua tipe embung berdasarkan material pembentuknya, yaitu sebagai berikut.

a. Embung urugan (*fill dams, embankment dams*)

Embung urugan adalah embung yang dibangun dari hasil penggalian bahan tanpa ada tambahan bahan lain yang bersifat kimia. Embung ini dibagi menjadi dua, yaitu:

1) Embung urugan serba sama (*homogeneous dams*)

Embung urugan serba sama yaitu embung dengan bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari tanah yang hampir sejenis dan memiliki gradasi yang hampir seragam.

2) Embung zonal

Embung zonal yaitu embung dengan bahan yang membentuk tubuh embung tersebut terdiri dari batuan dengan gradasi yang berbeda-beda dalam urutan pelapisan tertentu.

b. Embung beton (*concrete dams*)

Embung beton adalah embung yang dibuat dari material beton baik dengan tulangan maupun tidak. Kemiringan permukaan hulu dan hilir ada umumnya bagian hilir lebih landai dan bagian hulu mendekati vertikal dan bentuknya lebih ramping. Embung ini masih dibagi lagi menjadi embung beton dengan penyangga (*buttress dam*) permukaan hulu menerus dan di hilirnya pada jarak tertentu ditahan, embung beton berbentuk lengkung dan embung beton kombinasi.

3.1.3 Pola Operasi Embung

Pola operasi waduk digunakan sebagai pendekatan untuk pola operasi embung yaitu suatu pedoman pengaturan air untuk pengoperasian embung yang disepakati bersama oleh pada pemanfaat air dan pengelola. Maksud dan tujuan pola operasi waduk adalah sebagai pedoman pengaturan air untuk memenuhi berbagai

kebutuhan air dan memanfaatkan air secara optimal. Jenis pola operasi waduk dalam satu tahun ada 2 yaitu.

1. Pola operasi waduk musim hujan, berlaku saat pengisian waduk.
2. Pola operasi waduk musim kemarau, berlaku saat pengosongan waduk.

Adapun faktor yang mempengaruhi pola operasi waduk adalah sebagai berikut.

1. *Operational Policy*, pola kebijakan pengoperasian waduk
2. Debit *inflow* yang akan masuk ke waduk tergantung dari ketepatan perencanaan debit yang akan masuk ke waduk tersebut
3. *Demand*, kebutuhan air untuk irigasi, air baku, PLTA, pelestarian lingkungan, dan kebutuhan pengendalian banjir
4. Ketepatan perkiraan akan besarnya debit banjir yang akan terjadi
5. Keandalan peralatan monitoring tinggi muka waduk, debit aliran, dan curah hujan
6. Koordinasi antara instansi terkait
7. Kemampuan operator
8. Koordinasi pengoperasian jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang serta pengoperasian *real time*.

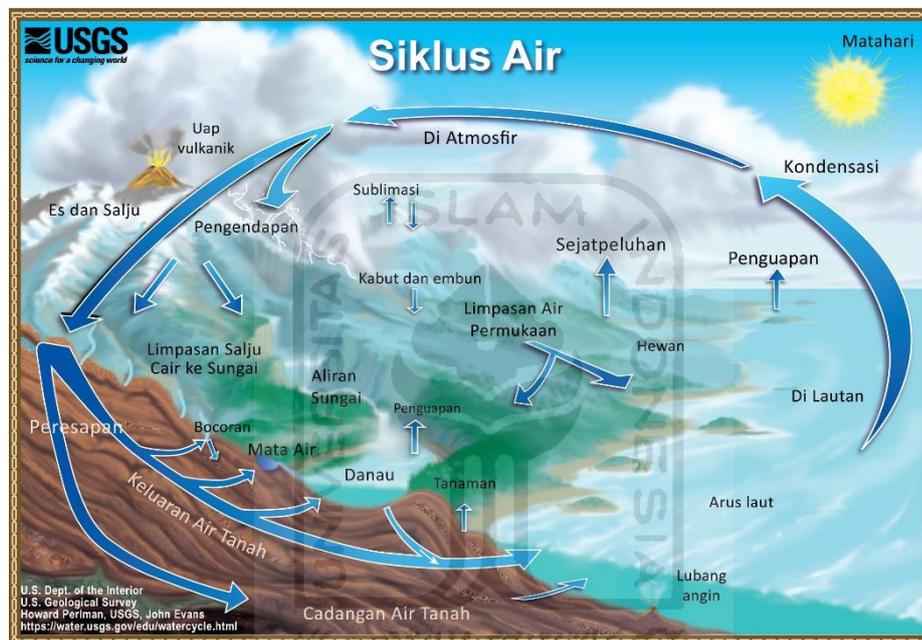
3.2 Hidrologi

3.2.1 Siklus Hidrologi

Perputaran gerakan air dari laut ke atmosfer dan kemudian tercurah ke muka bumi yang kemudian air tersebut berkumpul dalam aliran-aliran dan kembali ke laut disebut sebagai siklus hidrologi. Siklus seperti diatas betul-betul terjadi, tapi tidaklah sesederhana yang dibayangkan. Pertama, perputaran boleh jadi membentuk lingkaran pendek pada berbagai keadaan, misalnya curah hujan bisa jatuh langsung di laut, di danau dan di sungai. Kedua, waktu kejadiannya tidak seragam. Selama musim kering kejadian itu tampaknya berhenti sama sekali, selama musim hujan hal itu berlangsung terus-menerus. Ketiga, intensitas dan frekuensi siklus tersebut tergantung pada geografi dan iklim, karena siklus itu berjalan terus sebagai hasil dari radiasi matahari yang bervariasi menurut garis

lintang dan musim dalam tahun itu. Akhirnya, bagian-bagian siklus yang bermacam-macam itu dapat menjadi sangat rumit dan manusia dapat melakukan beberapa pengendalian hanya pada bagian yang terakhir, ketika hujan jatuh di tanah dan melakukan perjalanannya kembali ke laut (Triatmodjo, 2008).

Walaupun konsep siklus hidrologi sangat disederhanakan, tapi konsep ini dapat memberikan alat ilustrasi proses yang paling penting yang harus dipahami oleh ahli hidrologi. Siklus hidrologi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

(Sumber : www.usgs.gov)

Air yang tertinggal di permukaan tanah sebagian menguap menjadi embun, tapi sebagian besar dari air ini ada yang meresap ke dalam tanah menjadi air tanah dan ada yang mengalir sebagai air limpasan permukaan lalu bergabung menuju alur sungai. Permukaan air sungai dan danau juga menguap, jadi masih banyak pula air yang berkurang di sini. Akhirnya air yang tertinggal yang tidak merembes atau menguap akan kembali ke laut melalui alur sungai. Air tanah (*groundwater*) umumnya bergerak sangat pelan, bersatu dengan air sungai atau kembali ke laut. Siklus seperti ini berlangsung kembali secara berulang-ulang.

3.2.2 Hujan

Sebelum ditentukan kebutuhan air untuk irigasi dan air baku perlu diketahui potensi ketersediaan airnya. Ketersediaan air bisa diketahui dengan menggunakan hujan rerata ½ bulanan dengan kemungkinan terjadi 80% atau dengan probabilitas 80%. Hujan ½ bulanan diurutkan dari nilai terbesar ke nilai terkecil. Berikut ini rumus probabilitas untuk mencari hujan 80%.

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan:

P = probabilitas

m = nomor urut data dari terbesar ke terkecil

n = jumlah data

3.2.3 Limpasan (*Runoff*) dan Tangkapan Hujan

Limpasan permukaan dihitung sesuai dengan luas tangkapan hujan yang terjadi dan luas tataguna lahan yang berada pada daerah tersebut. Limpasan permukaan (*surface runoff*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit-parit dan selokan-selokan yang kemudian bergabung dengan anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai (Triatmojo, 2008).

Suripin (2004) mengemukakan faktor utama yang mempengaruhi nilai koefisien limpasan (C) adalah laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutupan tanah dan intensitas hujan. Nilai koefisien (C) akan berubah apabila terdapat perubahan faktor yang bersangkutan dengan aliran permukaan dalam sungai. Nilai koefisien limpasan (C) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan air. Nilai koefisien limpasan (C) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Koefisien Limpasan (C)

Tipe Daerah Aliran	C
Hutan Lahan Kering Sekunder	0,03
Belukar	0,07
Hutan Primer	0,02

Lanjutan Tabel 3.1 Koefisien Limpasan (C)

Hutan Tanaman Industri	0,05
Hutan Rawa Sekunder	0,15
Perkebunan	0,40
Pertanian Lahan Kering	0,10
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	0,10
Pemukiman	0,60
Sawah	0,15
Tambak	0,05
Terbuka	0,20
Perairan	0,05

Sumber: Kodoatie dan Syarief (2005)

3.3 Evaporasi dan Transpirasi

Evaporasi (penguapan) adalah proses perubahan air dari bentuk cair ke bentuk gas. Proses ini sangat penting dalam semua studi sumber daya air karena dapat mempengaruhi hasil wilayah sungai, kapasitas reservoir (wadah yang diperlukan), ukuran instalasi pompa tanaman, konsumsi air oleh tanaman dan hasil dari persediaan air bawah tanah untuk kebutuhan manusia, dan masih banyak lagi. (Wilson, 1993).

Air akan menguap dari permukaan tanah baik tanah gundul maupun tanah yang ditumbuhi tanaman, dan juga dari pepohonan, permukaan atap air seperti atap dan jalan raya, air terbuka sungai yang mengalir. Beberapa faktor meteorologi penting yang mempengaruhi *evaporasi* adalah sebagai berikut.

3.3.1 Radiasi matahari

Evaporasi merupakan suatu proses yang berlangsung hampir tanpa gangguan selama beberapa jam pada siang hari dan sering juga berlangsung pada malam hari. Karena perubahan keadaan molekul-molekul air dari cairan menjadi gas memerlukan masukan energi (dikenal sebagai “panas penguapan tersimpan”), maka proses ini paling aktif berlangsung di bawah radiasi matahari. Oleh sebab itu, awan yang mencegah radiasi penuh matahari mencapai permukaan bumi akan

mengurangi masukan energi dan dengan demikian memperlambat proses *evaporasi*.

3.3.2 Angin

Bila air menguap ke atmosfer, lapisan batas antara bumi dan udara, atau laut dan udara akan menjadi jenuh dan lapisan ini harus dipindahkan dan terus-menerus digantikan oleh udara yang lebih kering jika *evaporasi* itu dikehendaki berjalan terus. Pada udara yang tenang, perbedaan tekanan udara akan segera menjadi kecil, dan penguapan akan dibatasi oleh kecepatan penyebaran uap menjauh dari permukaan air. Gerakan udara pada lapisan batas ini tergantung pada angin dan dengan demikian merupakan fungsi kecepatan angin.

3.3.3 Kelembaban Relatif

Faktor ketiga yang mempengaruhi *evaporasi* adalah kelembaban relatif. Bila kelembaban udara meningkatkan kemampuannya untuk menyerap lebih banyak uap air akan berkurang dan laju *evaporasi* akan berkurang pula. Penggantian lapisan batas udara jenuh dengan udara yang kelembabannya sama tidak akan mempertahankan laju *evaporasi*. Hal ini akan terjadi hanya jika udara yang baru masuk adalah lebih kering daripada udara yang digantikannya. Pada waduk yang dibangun di daerah gersang, penguapan yang terjadi mungkin menghabiskan sebagian besar air yang tersimpan pada waduk tersebut.

3.3.4 Temperatur

Sebagaimana dijelaskan di atas, masukan energi adalah penting untuk berlangsungnya proses *evaporasi*. Oleh sebab itu jika temperatur udara dan tanah adalah tinggi, maka *evaporasi* akan berlangsung lebih cepat dari pada temperatur udara dan tanah rendah, karena energi panas yang tersedia akan lebih banyak. Karena kapasitas udara untuk menyerap uap air akan meningkat bila temperaturnya naik, maka temperatur udara mempunyai pengaruh ganda pada banyaknya *evaporasi* yang terjadi, sedangkan temperatur tanah dan air hanya mempunyai satu pengaruh langsung.

Pertumbuhan semua jenis vegetasi memerlukan air untuk menjaga kelangsungan hidupnya, walaupun spesies yang berbeda mempunyai kebutuhan akan air yang berbeda pula. Hanya sebagian kecil air yang dibutuhkan tumbuhan

yang disimpan dalam struktur tumbuhan tersebut. Kebanyakan air tersebut naik melalui akar ke batang atau batang tubuh lainnya dan *ditranspirasikan* ke atmosfer melalui daun-daun tumbuhan tersebut. Jadi definisi *Transpirasi* adalah proses yang menyebabkan tanaman menghisap air dari dalam tanah dan menguapkannya ke udara sebagai gas. Lebih dari separuh curah hujan yang mencapai permukaan tanah dikembalikan lagi ke atmosfer oleh gabungan dari kedua proses tersebut yang biasa disebut *evapotranspirasi*.

Transpirasi berlangsung hampir seluruhnya sepanjang hari di bawah pengaruh radiasi matahari. Pada malam hari pori-pori atau *stomata* tumbuhan akan tertutup dan hanya sedikit air yang akan meninggalkan permukaan tumbuhan. *Evaporasi*, di lain pihak berlangsung terus-menerus selama masukan panas masih tersedia, walaupun pada umumnya terjadi pada siang hari. Faktor penting lainnya adalah tersedianya air dengan jumlah yang banyak. Jika air selalu tersedia dalam jumlah yang berlimpah bagi tumbuhan untuk digunakan dalam proses *transpirasi*, akan lebih banyak yang digunakan dibandingkan jika kadang-kadang jumlah air yang tersedia tersebut lebih sedikit daripada yang dapat digunakan. Oleh karena itu, perbedaan harus dibuat antara *evapotranspirasi* potensial (*potential evapotranspirasi*) dan *evaporasi* yang sebenarnya terjadi. Hampir semua metode perkiraan yang diperlukan mengasumsikan adanya persediaan air yang berlimpah dan dengan demikian memberikan figur yang potensial.

3.4 Kebutuhan Air

Kebutuhan air merupakan salah satu faktor yang dapat menentukan keandalan embung. Kebutuhan air perlu dihitung dalam merencanakan sebuah embung agar dapat ditentukan luas dan volume embung yang harus disediakan untuk menampung air yang dapat memenuhi kebutuhan air di wilayah tersebut.

3.4.1 Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi sebagian besar dicukupi dari air permukaan. Faktor yang mempengaruhi kebutuhan air irigasi yaitu klimatologi, pola tanaman, koefisien tanaman, pasokan air yang diberikan, kondisi tanah, penggunaan kembali air drainase untuk irigasi, jadwal tanam, luas daerah irigasi, sistem golongan, dan

lainnya (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986). Kebutuhan air irigasi terdiri dari kebutuhan sebagai berikut.

1. Kebutuhan air konsumtif

Kebutuhan air untuk tanaman di lahan diartikan sebagai kebutuhan air konsumtif dengan memasukkan faktor koefisiensi tanaman (kc).

2. Kebutuhan air untuk persiapan lahan

Kebutuhan air pada waktu persiapan lahan dipengaruhi oleh waktu yang diperlukan untuk persiapan lahan (T) dan lapisan air yang dibutuhkan untuk persiapan lahan (S).

3. Kebutuhan air untuk mengganti lapisan air (WLR)

Kebutuhan air untuk mengganti lapisan air ditetapkan berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi 1986, KP-01. Besar kebutuhan air untuk penggantian lapisan air adalah 50 mm/bulan (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) selama sebulan atau dua bulan setelah transplantasi.

4. Perkolasi

Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat tanah. Pada umumnya sifat tanah tergantung pada kegiatan pemanfaatan lahan atau pengolahan tanah berkisar antara 1-3 mm/hari.

5. Curah hujan efektif

Penentuan curah hujan efektif didasarkan atas curah hujan bulanan, yaitu menggunakan R_{80} yang berarti kemungkinan tidak terjadinya 20%. Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil 80% dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahunan.

Kebutuhan air irigasi atau NFR (*Net Field Requirement*) dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$NFR = (IR \text{ atau Etc}) + P + WLR - Re \quad (3.2)$$

Dengan:

NFR : kebutuhan air irigasi di sawah (mm/hari)

IR : kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari)

Etc : kebutuhan air konsumtif (mm/hari)

P : perkolasi (mm/hari)

WLR : kebutuhan air untuk mengganti lapisan air (mm/hari)

Re : hujan efektif (mm/hari)

Efisiensi irigasi merupakan faktor penentu utama suatu sistem jaringan irigasi. Efisiensi irigasi didasarkan asumsi bahwa sebagian dari jumlah air yang diambil akan hilang baik di saluran maupun petak sawah. Kehilangan ini disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, evaporasi, dan rembesan. Kehilangan air akibat evaporasi dan rembesan pada umumnya relatif kecil jika dibandingkan dengan kehilangan air akibat eksploitasi, sehingga pemberian air di bangunan pengambilan harus lebih besar dari kebutuhan air di sawah.

$$DR = \frac{NFR}{e \cdot 8,64} \quad (3.3)$$

Dengan:

DR : kebutuhan pengambilan (l/det/ha)

NFR : kebutuhan air irigasi di sawah (mm/hari)

e : efisiensi irigasi dengan nilai 65%

Luas areal irigasi adalah luas sawah yang akan diairi. Data ini dapat diperoleh dari dinas pengairan berupa peta dan luasan daerah irigasi.

$$KAI = DR \times A_{\text{sawah}} \quad (3.4)$$

Dengan :

KAI : kebutuhan air irigasi (liter/detik)

DR : kebutuhan pengambilan (l/det/ha)

A_{sawah} : luas areal irigasi (ha)

3.4.2 Kebutuhan Air Baku

Air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi kebutuhan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Kebutuhan air baku semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Sehingga dalam mencari kebutuhan air baku, perlu diproyeksikan terlebih dahulu pertumbuhan penduduk dengan kala waktu tertentu. Terdapat beberapa metode untuk memproyeksi pertumbuhan penduduk, salah satunya adalah dengan metode geometri. Metode geometri menggunakan asumsi bahwa laju pertumbuhan penduduk sama setiap

tahunnya. Berikut ini adalah rumus proyeksi pertumbuhan penduduk dengan metode geometri.

$$P_t = P_o(1+r)^t \quad (3.5)$$

Atau

$$r = \left(\frac{P_t}{P_o}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (3.6)$$

Dimana:

P_t = jumlah penduduk pada tahun t

P_o = jumlah penduduk pada tahun dasar

t = jangka waktu

r = laju pertumbuhan penduduk (%)

1. Kebutuhan air domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air rumah tangga yang dihitung berdasarkan jumlah penduduk dan kebutuhan air perkapita. Kriteria penentuan kebutuhan air domestik yang dikeluarkan oleh Puslitbang Pengairan Departemen Pekerjaan Umum, menggunakan parameter jumlah penduduk sebagai penentuan jumlah air yang dibutuhkan perkapita perhari.

2. Kebutuhan air non domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air untuk berbagai fasilitas sosial, ekonomi, dan budaya yang terdapat pada suatu daerah perencanaan.

Kebutuhan air non domestik antara lain adalah:

a. Penggunaan komersil dan industri

Penggunaan air oleh badan-badan komersil dan industri

b. Penggunaan umum

Penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah, dan tempat ibadah.

Penentuan kebutuhan air baku domestik maupun non domestik dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Kriteria Penentuan Kebutuhan Air

Jumlah Penduduk	Domestik (l/kapita/hari)	Non Domestik (l/kapita/hari)	Kehilangan Air (l/kapita/hari)
>1.000.000	150	60	50
500.000 – 1.000.000	135	40	45
100.000 – 500.000	120	30	40
20.000 – 100.000	105	20	30
<20.000	82,5	10	24

Sumber : Triatmodjo (2008)

3.5 Tampungan Embung

Kasiro dkk, (1997) menyatakan bahwa embung yang dibangun akan menampung penuh air di musim hujan dan kemudian dioperasikan selama musim kemarau untuk melayani berbagai kebutuhan. Embung akan dipergunakan untuk melayani kebutuhan penduduk, ternak dan hewan disuatu desa selama musim kemarau. Di musim hujan penduduk tidak menggunakan air embung untuk memenuhi semua kebutuhannya. Sehingga kapasitas tampung embung yang dibutuhkan harus dapat memenuhi kebutuhan penduduk dan juga harus mempertimbangkan kehilangan air oleh penguapan di kolam dan resapan di dasar dan dinding kolam serta menyediakan ruangan untuk sedimen. Kapasitas tampungan embung dihitung berdasarkan kebutuhan air, ketersediaan air dan topografi dari embung tersebut.

3.5.1 Kapasitas embung berdasarkan kebutuhan air (V_n)

Volume tampungan berdasarkan kebutuhan air (V_n) dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini.

$$V_n = V_u + V_e + V_i + V_s \quad (3.7)$$

Dimana:

V_n = volume tampungan berdasarkan kebutuhan air (m^3)

V_u = volume tampungan hidup untuk melayani berbagai kebutuhan air (m^3)

V_e = jumlah penguapan yang terjadi sepanjang tahun (m^3)

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

V_s = ruangan yang disediakan untuk sedimen (m^3)

Kebutuhan air yang harus dilayani embung (V_u) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$V_u = J_h \times J_p \times Q_u + \sum (KAI_j \times 24 \times \text{jumlah hari} \times 3600) \quad (3.8)$$

Dimana:

J_h = jumlah hari selama musim kemarau

J_p = jumlah penduduk yang dilayani

Q_u = kebutuhan air baku (1/orang/hari)

KAI = jumlah kebutuhan air irigasi selama musim kemarau

Jumlah penguapan yang terjadi sepanjang tahun perlu diperhitungkan dalam penentuan kapasitas. Penguapan di permukaan kolam embung dapat dihitung secara sederhana seperti berikut ini.

$$V_e = A_{kt} \times \sum E_{kj} \quad (3.9)$$

Dengan:

A_{kt} = luas permukaan kolam embung

E_{kj} = penguapan bulanan pada bulan ke-j

Air di kolam embung akan meresap masuk ke dalam pori atau rongga di dasar dan dinding kolam. Besarnya resapan tergantung dari sifat lulus air material yang digunakan pada dasar dan dinding kolam. Secara teoritis perhitungan resapan air ini cukup rumit dan sulit dilakukan, sehingga untuk perhitungan resapan memakai pendekatan praktis yaitu sebagai berikut.

$$V_i = K \times V_u \quad (3.10)$$

Dengan:

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

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

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

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

Ruang untuk sedimen perlu disediakan di kolam embung mengingat adanya tampungan kecil, walaupun daerah tadah hujan disarankan agar ditanami tumbuhan untuk mengendalikan erosi. Berdasarkan pengamatan pada beberapa embung yang ada secara praktis ruang setinggi 1 m di atas dasar kolam telah cukup untuk menampung sedimen. Persamaan yang digunakan untuk menghitung ruangan yang disediakan untuk sedimen adalah sebagai berikut.

$$V_s = 0,05 \times V_u \quad (3.11)$$

Dengan:

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

3.5.2 Kapasitas embung berdasarkan ketersediaan air (V_h)

Pengisi tampungan pada embung terdiri atas aliran permukaan dari seluruh daerah tangkapan hujan, air hujan yang langsung jatuh di embung, dan debit dari mata air yang ada. Sehingga jumlah air yang masuk ke dalam embung dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$V_h = \sum V_j + V_{\text{mata air}} + (R_j \times A_{\text{embung}}) \quad (3.12)$$

Dengan:

V_h = volume air yang dapat mengisi kolam embung

V_j = aliran bulanan pada bulan j

$\sum V_j$ = jumlah aliran total selama musim hujan

Volume air V_h merupakan jumlah air maksimum yang dapat mengisi kolam embung. Aliran bulanan pada bulan j (V_j) yang masuk pada kolam embung menggunakan rumus berikut ini.

$$V_j = C \times R_j \times A \quad (3.13)$$

Dengan:

R_j = hujan andalan bulanan pada bulan j (m/s)

C = koefisien limpasan

A = luas daerah tadah hujan (luas DAS) (m^2)

V_j = aliran masuk ke embung selama musim hujan (m^3)

Volume mata air dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$V_{\text{mata air}} = Q_{\text{mata air}} \times 365 \times 24 \times 3600 \quad (3.14)$$

3.5.3 Kapasitas embung berdasarkan kondisi topografi (V_p)

Keadaan topografi akan menentukan daya tampung embung dalam menampung air yang nantinya menjadi volume maksimum kolam embung yang terbentuk karena adanya pembangunan. Kapasitas embung berdasar topografi ditentukan berdasarkan tinggi maksimum embung yang dapat dibangun yang dipengaruhi oleh jenis bahan embung dan kondisi geologinya. Volume tampungan ini di hitung berdasarkan peta hasil pengukuran di lapangan. Cara perhitungan kapasitas embung berdasarkan kondisi topografi adalah dengan menghubungkan elevasi, volume tampungan, dan luas permukaan yang ditampilkan dalam bentuk kurva kapasitas tampungan. Dari kurva hubungan elevasi, volume, dan luas permukaan dapat diketahui besar tampungan pada elevasi tertentu. Kapasitas tampungan berdasarkan kondisi topografi dapat menggunakan persamaan berikut.

$$V_1 = \frac{(A_0 + A_1)}{2} (a_1 - a_0) \quad (3.15)$$

dengan:

V_1 = volume tampungan (m³)

a_0 = elevasi 0

a_1 = elevasi 1

A_0 = luas permukaan untuk elevasi a_0

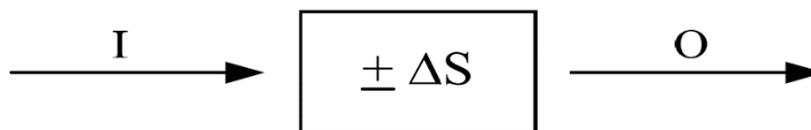
A_1 = luas permukaan untuk elevasi a_1

Volume tampungan dihitung pada setiap tinggi elevasi yang ditentukan. Kemudian cari volume tampungan kumulatif tampungan untuk mengetahui total jumlah tampungan yang terdapat pada embung dalam bentuk tabel. Setelah didapat nilai elevasi, luas permukaan, volume tampungan, kemudian dibuat grafik hubungan antara elevasi dan luas permukaan serta volume tampungan.

3.6 Neraca Air

Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk, yang tersedia, dan yang keluar dari sistem tertentu, konsep dasar

neraca air dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Rumus persamaan neraca air secara umum dapat dilihat pada persamaan berikut ini.



Gambar 3.2 Konsep Dasar Neraca Air

(Sumber: Sri Harto Br., 1993)

$$I = O \pm \Delta S$$

$$I_n - O_n = S_{n+1} - S_n$$

$$S_{n+1} = S_n + I_n - O_n \quad (3.16)$$

Dengan:

S_n = volume tampungan awal periode ke n

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

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

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

Neraca air merupakan hubungan antara masukan air total dan keluaran air total yang terjadi pada suatu DAS yang di dalamnya terkandung komponen-komponen seperti debit aliran sungai, curah hujan, evapotranspirasi, perlokasi, kelembaban tanah, dan periode waktu (Lindsley dan Franzini, 1989). Informasi neraca air lahan dan waduk untuk suatu selang waktu tertentu diperlukan untuk operasional pengelolaan air waduk dan bertujuan untuk prakiraan hidrologi dalam pengelolaan air pada umumnya. Perhitungan neraca air wilayah penting untuk perbandingan potensi sumber daya air pada suatu wilayah dengan wilayah lainnya.

3.7 Tingkat Keandalan

Tujuan dari tingkat keandalan embung adalah persentase untuk mengetahui bahwa embung tersebut mampu menjamin kebutuhan minimum yang diperlukan.

Dalam simulasi keandalan tampungan embung akan dilihat apakah kapasitas tampungan embung yang tersedia memenuhi berbagai keperluan yang telah direncanakan. Analisis tingkat keandalan ini didapatkan dari pola operasi embung apakah mengalami kegagalan atau sukses beroperasi memenuhi kebutuhan yang telah direncanakan. Tingkat keandalan embung dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Tingkat keandalan} = \frac{\text{kebutuhan air yang terlayani}}{\text{kebutuhan total air}} \times 100\% \quad (3.17)$$



BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah pada Embung Sendangtirto yang terletak di Daerah Berbah, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Letak geografis lokasi Embung Sendangtirto adalah $7^{\circ}48'24''$ S dan $110^{\circ}25'55''$ E. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.1 Lokasi Embung Sendangtirto

(Sumber: Google Earth, 2019)

4.2 Tahapan Penelitian

Penelitian Analisis Kapasitas Embung Sendangtirto Untuk Kebutuhan Air Baku dan Irigasi Daerah Berbah dibagi melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut.

1. Tahap persiapan, merupakan tahap persiapan yang terdiri dari persiapan surat atau berkas permohonan pengambilan data.

2. Tahap pengumpulan data, merupakan tahap pengambilan data topografi, data curah hujan, data debit mata air, data penguapan, data kebutuhan air, dan data teknis embung.
3. Tahap analisis, merupakan tahap pengolahan data dengan logika, teori, dan standar peraturan yang berlaku.
4. Tahap penulisan dan pengambilan kesimpulan, merupakan tahap penulisan naskah laporan Tugas Akhir yang sesuai dengan pedoman dan pengambilan kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan.

4.3 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini memerlukan data yang lengkap untuk dapat melakukan analisis yang baik sehingga kebutuhan akan data sangat diperlukan. Data yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah data sekunder yang diperoleh dari data kearsipan instansi-instansi terkait. Adapun data sekunder adalah sebagai berikut:

1. Data topografi
Topografi adalah kajian atau penguraian yang terperinci tentang keadaan muka bumi pada suatu daerah atau pemetaan tentang muka bumi pada daerah tertentu. Data topografi ini memberikan informasi yang dibutuhkan untuk memperkirakan volume tampungan embung serta menentukan luas daerah pelayanannya. Peta topografi daerah cekungan dengan skala 1 : 500 sampai 1 : 2000.
2. Data penguapan
Penguapan hampir sama dari tahun ke tahun dan dari satu lokasi ke lokasi lain di wilayah yang sama. Sehingga dipilih satu set penguapan yang mewakili seluruh wilayah. Penguapan dipakai untuk menghitung menghitung kapasitas embung yang diperlukan. Penguapan yang dipakai adalah penguapan dalam rerata $\frac{1}{2}$ bulanan.
3. Data curah hujan

Aliran dasar pada Embung Sendangtirto diambil dari debit mata air serta curah hujan rerata ½ bulanan. Data curah hujan yang digunakan dari Stasiun Santan dan Stasiun Karang Ploso tahun 2006 sampai 2018.

4. Data teknis embung

Dalam menganalisis kapasitas tampungan embung baik analisis berdasarkan kebutuhan air, analisis berdasarkan ketersediaan air, maupun analisis berdasarkan topografi diperlukan data teknis embung tersebut. Sehingga setelah ditentukan kapasitas tampungan embung kemudian dapat dilakukan simulasi neraca air dan dapat dihitung tingkat keandalannya.

5. Data kebutuhan air baku dan air irigasi

Tujuan dari pembangunan Embung Sendangtirto ini adalah untuk dapat memenuhi kebutuhan air baku dan air irigasi masyarakat sekitar. Oleh karena itu data kebutuhan air baku menggunakan data jumlah penduduk yang ada di daerah tersebut. Sedangkan untuk data kebutuhan air irigasi menggunakan data yang sudah ada. Sehingga tidak perlu menghitung kebutuhan air secara detail.

4.4 Analisis Data

Analisis yang akan dilakukan yaitu menghitung ketersediaan dan kebutuhan air baku dan air irigasi, sehingga perhitungan ketersediaan dan kebutuhan air menghasilkan kapasitas maksimal yang dapat tertampung pada Embung Sendangtirto. Adapun yang akan dianalisis pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

4.4.1 Kapasitas tampungan berdasarkan kebutuhan air

Analisis volume tampungan embung berdasarkan kebutuhan air (V_n) dapat dihitung dengan menjumlahkan data-data berikut ini.

1. Volume tampungan hidup untuk melayani berbagai kebutuhan air
2. Jumlah penguapan dari kolam selama musim kering
3. Jumlah resapan melalui dasar dinding dan tubuh embung selama musim kemarau
4. Ruang yang disediakan untuk sedimen

4.4.2 Kapasitas tampungan berdasarkan ketersediaan air

Analisis volume tampungan embung berdasarkan ketersediaan air dihitung dengan dasar aliran dari air hujan yang jatuh di atas permukaan embung dan debit mata air yang masuk ke dalam embung. Sehingga analisis curah hujan rerata ½ bulanan sangat berpengaruh pada jumlah air yang masuk ke dalam embung yang dinyatakan dalam volume air yang dapat mengisi kolam embung selama musim hujan.

4.4.3 Kapasitas tampungan berdasarkan topografi

Analisis volume tampungan embung berdasarkan topografi ini dihitung berdasarkan peta hasil pengukuran di lapangan. Cara yang digunakan dalam analisis volume tampungan berdasarkan topografi adalah dengan menghitung luasan garis kontur dari tinggi muka air maksimum kondisi lapangan sampai dasar embung yang terbagi menjadi beberapa garis kontur. Kapasitas berdasar topografi ditentukan berdasarkan tinggi maksimum embung yang dapat dibangun yang dipengaruhi oleh jenis bahan embung dan kondisi geologinya.

4.4.4 Penentuan kapasitas embung

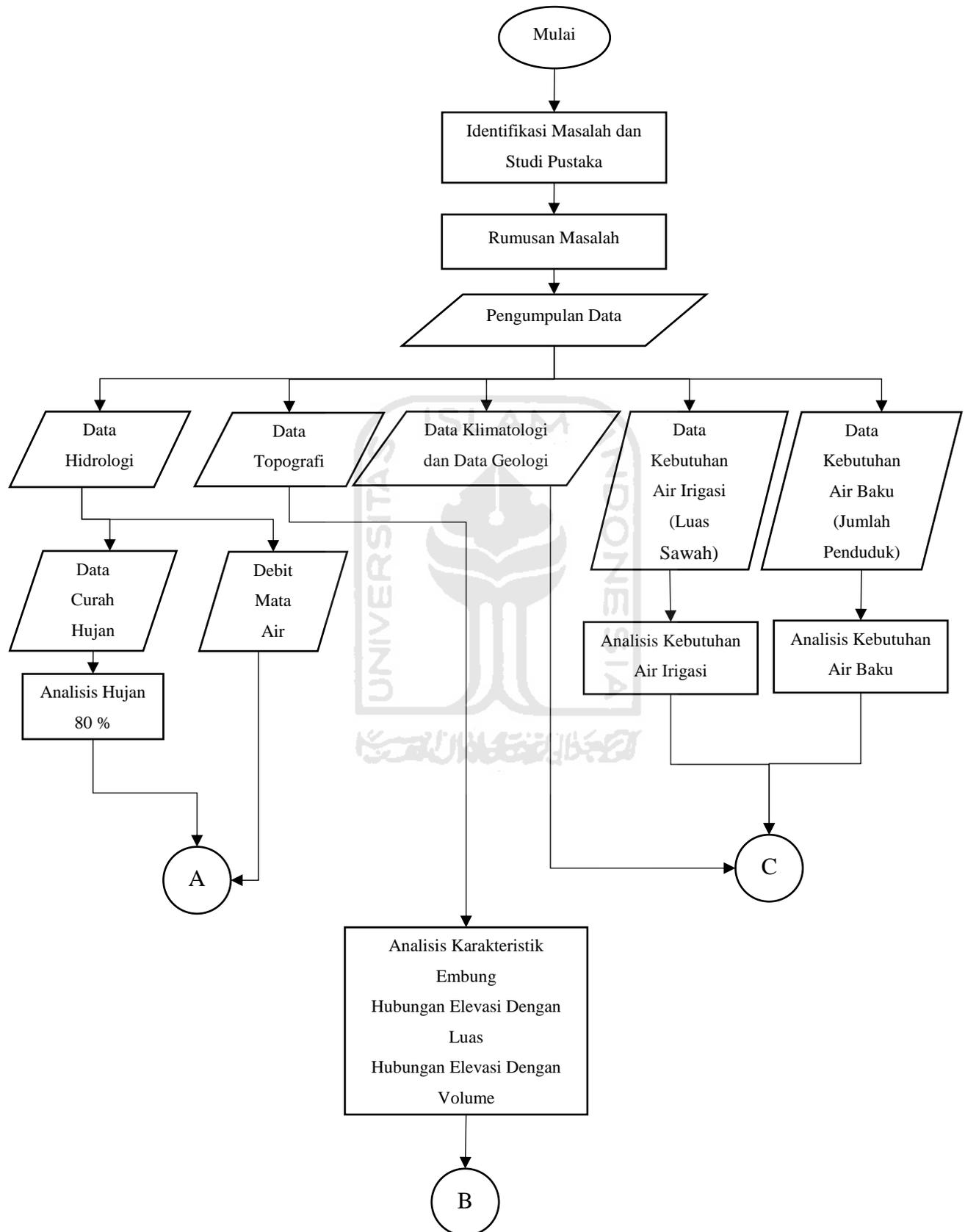
Setelah menghitung kapasitas tampungan berdasarkan kebutuhan air, ketersediaan air, dan topografi lalu dipilih hasil terkecil dari ketiga kapasitas tersebut. Sehingga nilai tersebut digunakan sebagai nilai tampungan pada embung.

4.4.5 Simulasi neraca air

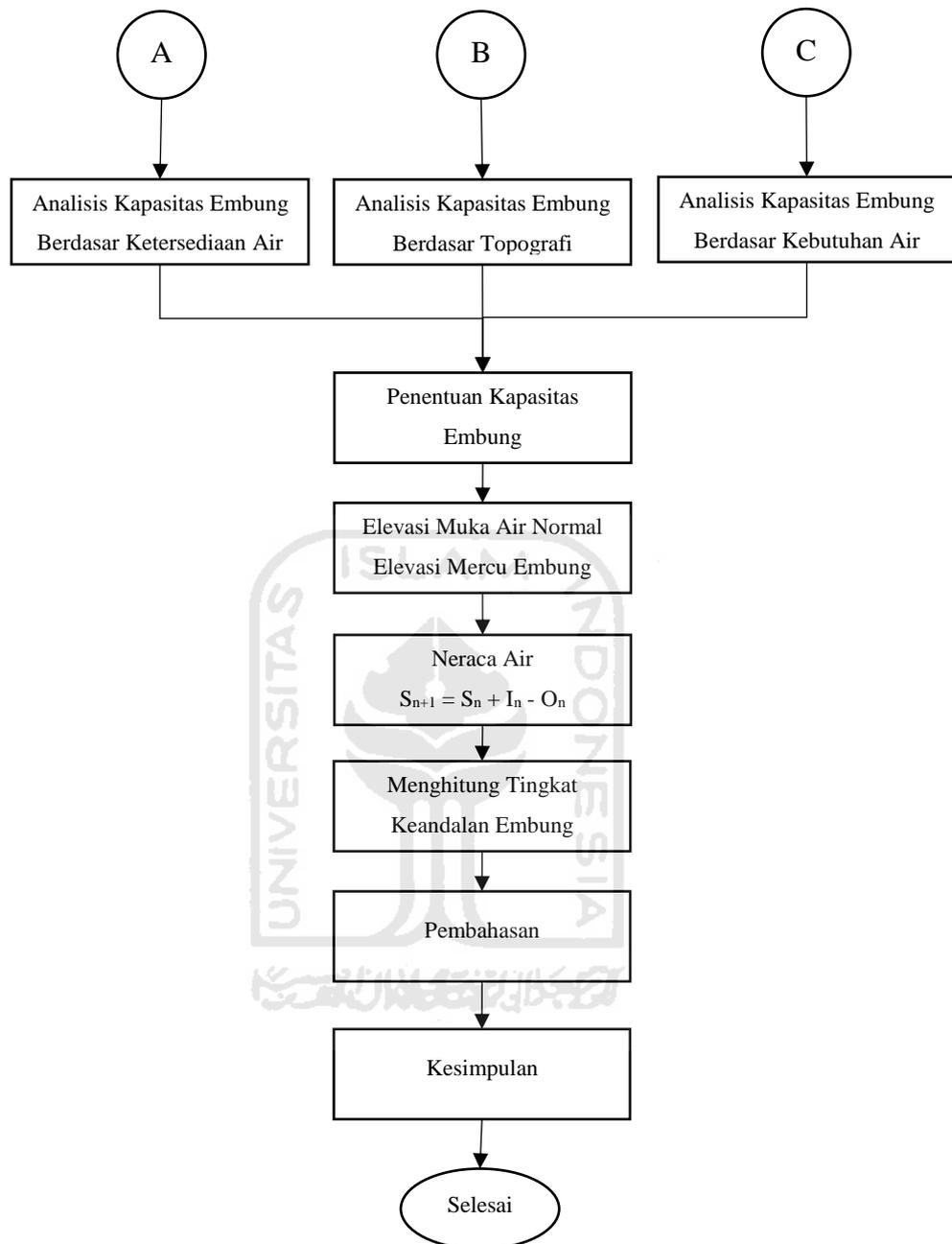
Setelah diperoleh tampungan Embung Sendangtirto, selanjutnya melakukan simulasi neraca air untuk dapat mengetahui keseimbangan debit aliran yang masuk dan debit aliran yang keluar. Sehingga dapat diketahui perubahan volume tampungan Embung Sendangtirto pada setiap periode.

4.4.6 Tingkat Keandalan Pelayanan

Analisis tingkat keandalan embung dihitung untuk mengetahui persentase tingkat keandalan Embung Sendangtirto untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat Berbah, baik untuk kebutuhan air baku maupun kebutuhan air irigasi.



Gambar 4.2 Diagram Alir Tugas Akhir



Lanjutan Gambar 4.2 Diagram Alir Tugas Akhir

BAB V ANALISIS DAN SIMULASI NERACA AIR

5.1 Hujan

Ketersediaan air didapat dari debit mata air dan hujan yang jatuh di atas embung. Untuk hujan yang jatuh di atas embung digunakan curah hujan rerata ½ bulanan dengan probabilitas 80%. Dalam penelitian ini dipakai data curah hujan dari tahun 2006 sampai tahun 2018. Langkah yang pertama dilakukan untuk menghitung hujan dengan probabilitas 80% adalah dengan rekapitulasi jumlah data hujan persetengah bulan dari tahun 2006 sampai tahun 2018. Selanjutnya adalah mengurutkan jumlah hujan setengah bulan tersebut dari nilai terbesar ke nilai terkecil. Pada penelitian ini, data hujan diperoleh dari 2 stasiun hujan yaitu Stasiun Karang Ploso dan Stasiun Santan, maka data hujan yang dipakai adalah rerata dari 2 stasiun tersebut.

Tabel 5.1 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2006

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	17	5	26	18	1	0	0	0	0	0	0	0
2	8	12	10	25	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	13	0	18	11	0	0	0	0	0	0	23
5	0	19	0	14,5	0	0	0	0	0	2	0	4
6	0	0	12	11	20	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	60	0	0,5	14	0	0	0	0	0	23	2
10	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0
11	48	0	0	3	0,5	0	0	0	0	0	0	0
12	10	0	0	20	0	0	0	0	0	3,5	0	56
13	0	0	13	18	0	0	0	0	0	0	0	84
14	0	1,5	0	13	5	0	0	0	0	1,5	0	0
15	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	15
16	10	6	19	2	0	0	0	0	0	0	0	0
17	50	4,5	37	19	0	0	0	0	0	0	0	0
18	12	1	4	0	0	0	0	0	0	47	0	54

Lanjutan Tabel 5.1 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2006

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
19	0	30	52	6	1	0	0	0	0	3,5	0	0
20	0	0	20	0	7	0	0	0	0	0	0	15
21	0	0	0,5	0	17	0	0	0	0	0	0	32
22	7	0	0	0,5	15	0	0	0	0	0	0	5
23	38	0	0	0	8	0	0	0	0	68	0	6
24	40	11	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
25	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0,7	0	53
26	27	0	0	0	8,5	0	0	0	0	0	0	6
27	60	92	18	0	0	0	0	0	0	1,5	0	37
28	0	15	1	0	14	0	0	0	0	0	0	22
29	16	-	1	0	13,5	0	0	0	0	0	0	5
30	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
31	24	-	10	-	0	-	0	0	-	0	-	5
Total	367	282	234,5	204,5	142,5	0	0	0	0	127,7	27	436
Periode 1	83	122,5	66	177	52,5	0	0	0	0	7	23	184
Periode 2	284	159,5	168,5	27,5	90	0	0	0	0	120,7	4	252
Maksimum	60	92	52	33	20	0	0	0	0	68	23	84
Hari hujan	14	15	16	16	16	0	0	0	0	8	2	18

Keterangan: “-” Tidak ada data “0” Tidak ada hujan

Data curah hujan tahun 2006 sampai 2018 dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Berikut ini hasil rekapitulasi jumlah hujan setengah bulan dari tahun 2006 sampai 2018.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Curah Hujan Periode I Tahun 2006-2018
(Stasiun Santan)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2006	83	122,5	66	177	52,5	0	0	0	0	7	23	184
2007	14	133	104	248	0	0	0	0	0	0	187	304
2008	80	176	122	253	39	10	0	0	0	38	205	136
2009	135	235	54,5	69,5	4,7	26,5	0	0	0	0	19	3,8
2010	51	78	204,1	51,3	14,6	81,1	25,2	60,8	140,5	9,7	100,5	61
2011	135,6	65,2	53,5	84,1	81,6	0	0	0	0,4	0	157,6	26,9
2012	226	58	108,1	100	48	0	0	0	0	0	123	96
2013	251	348	112	211	25	175	60,8	1,1	1,7	0	310	241
2014	82	186	89	272	16,32	0	33,9	3,6	0	0	91	113
2015	186,2	331	178,9	121	144,2	38,9	0	0	0	0	53,8	236
2016	79,4	330	128,1	91	28,5	54	55,9	119,5	24	184,7	269,6	180
2017	224	259	83	88	54	3,8	0,4	0	0,3	43,6	72	91

**Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Curah Hujan Periode I Tahun 2006-2018
(Stasiun Santan)**

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2018	169	260	294	101,4	0	0	0	0,2	0,4	0	164	45

*satuan dalam "mm"

**Tabel 5.3 Rekapitulasi Data Curah Hujan Periode I Tahun 2006-2018
(Stasiun Karang Ploso)**

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2006	57	92	90	107	52	0	0	0	0	0	20	65
2007	19	102	121	168	37	59	0	0	0	0	209	97
2008	130	176	120	142	53	22	0	0	0	51	186	183
2009	173	237	28	67	41	0	0	0	0	0	0	0
2010	52,9	34,4	4,8	25,1	80,1	14,6	22,1	8,1	41	0	88	138,5
2011	28,4	131,8	38,3	72,9	83,8	0	0	0	0	0	82,2	72,2
2012	167	82	188	79	81	0	0	0	0	0	14	226
2013	251,9	266,9	21,7	143,8	19,8	13,9	21,1	0	0,9	0	195,9	189,8
2014	94,8	172,3	104,3	146,6	61,7	0	37,6	0,5	0	0	50,2	136,8
2015	202,2	228,6	276	57,3	40,6	36,4	0	0	0	0	95,3	186,8
2016	57,8	228,6	66,8	106	18,1	51,4	6,6	123,9	10,4	135	126,2	261,9
2017	224	257	135,4	76,8	30,2	2,2	0,6	0,2	0	21,4	62,7	68,4
2018	209,7	211,2	265,8	127,2	0	0	0	0,1	0,9	0	99,3	73,4

*satuan dalam "mm"

Rekapitulasi data curah hujan periode II dilakukan dengan cara yang sama seperti rekapitulasi data curah hujan periode I yang dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Setelah data curah hujan direkapitulasi, kemudian masing-masing data dari 2 stasiun dirata-rata. Berikut ini contoh perhitungan rata-rata curah hujan dari 2 stasiun pada bulan januari tahun 2006.

$$\text{Januari}_{\text{rerata}} = \frac{\text{Januari}_{\text{Santan}} + \text{Januari}_{\text{Karang Ploso}}}{2}$$

$$\text{Januari}_{\text{rerata}} = \frac{83+57}{2}$$

$$\text{Januari}_{\text{rerata}} = 70 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama untuk bulan berikutnya dan periode II, maka didapat hasil rekapitulasi yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Curah Hujan Rerata Periode I

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2006	70	107,25	78	142	52,25	0	0	0	0	3,5	21,5	124,5
2007	16,5	117,5	112,5	208	18,5	29,5	0	0	0	0	198	200,5
2008	105	176	121	197,5	46	16	0	0	0	44,5	195,5	159,5
2009	154	236	41,25	68,25	22,85	13,25	0	0	0	0	9,5	1,9
2010	51,95	56,2	104,45	38,2	47,35	47,85	23,65	34,45	90,75	4,85	94,25	99,75
2011	82	98,5	45,9	78,5	82,7	0	0	0	0,2	0	119,9	49,55
2012	196,5	70	148,05	89,5	64,5	0	0	0	0	0	68,5	161
2013	251,45	307,45	66,85	177,4	22,4	94,45	40,95	0,55	1,3	0	252,95	215,4
2014	88,4	179,15	96,65	209,3	39,01	0	35,75	2,05	0	0	70,6	124,9
2015	194,2	279,8	227,45	89,15	92,4	37,65	0	0	0	0	74,55	211,4
2016	68,6	279,3	97,45	98,5	23,3	52,7	31,25	121,7	17,2	159,85	197,9	220,95
2017	224	258	109,2	82,4	42,1	3	0,5	0,1	0,15	32,5	67,35	79,7
2018	189,35	235,6	279,9	114,3	0	0	0	0,15	0,65	0	131,65	59,2

*satuan dalam "mm"

Tabel 5.5 Rekapitulasi Curah Hujan Rerata Periode II

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2006	278,5	191,25	225,25	23,75	99,5	0	0	0	0	60,35	12	208,5
2007	61,5	215,5	167,5	118,5	0	37	0	0	0	26,5	5	393
2008	101	119,5	131,5	10	32	0	0	0	0	142,5	191,5	95
2009	131,6	77,25	120,5	67	90,55	0	0,75	0	0,25	37,15	40,5	1,65
2010	64,4	16,7	56,75	52,3	60,1	20,35	3,7	61	46,15	31,1	55,55	66,2
2011	90,2	86,1	134,1	34,1	0	0	0,3	0	0	21,45	56,35	174,6
2012	121	218,5	84,5	86,5	16,5	0	0	0	0	56	272,5	256,5
2013	147,05	99,6	40,15	49,6	186,95	74,85	18,15	0,75	0	32,1	96,1	166,1
2014	253,6	136,9	60,65	83,9	6,75	19,5	9,3	0	0	0	155,9	241,8
2015	158,95	62,35	186,5	234	8,5	0	0	0	0	0	46,25	142,8
2016	101,75	183,3	147,35	52	70,5	115,3	52,3	25,25	175,95	52,8	191,75	141
2017	175,55	96,15	201,1	121,05	32,7	35,05	2,2	0	66,2	37,2	522,85	236
2018	339,65	58,05	115,05	50,45	41,9	4,3	0	0	32,35	0,05	162,75	108,45

*satuan dalam "mm"

Setelah curah hujan rerata 2 stasiun selesai direkapitulasi, kemudian adalah menghitung hujan 80% dengan langkah sebagai berikut.

1. Memberi peringkat (m) secara urut pada **Tabel 5.4** dan **Tabel 5.5** dari nilai terbesar ke nilai terkecil. Contoh yang diambil yaitu curah hujan bulan Januari periode I yang dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.6 Curah Hujan bulan Januari Periode I Setelah Diurutkan

Peringkat (m)	Januari (mm)
1	251,45
2	224
3	196,5
4	194,2
5	189,35
6	154
7	105
8	88,4
9	82
10	70
11	68,6
12	51,95
13	16,5

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa jumlah tahun yang ada adalah 13 tahun sehingga nilai n adalah 13.

- Mencari nilai p (dalam persen) dari hasil curah hujan yang sudah diurutkan. Sebagai contoh pada curah hujan peringkat 1 bulan januari periode I nilainya adalah 251,45 mm/15hari.

$$P = \frac{m}{n+1}$$

$$P = \frac{1}{13+1}$$

$$P = 7,143 \%$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk peringkat selanjutnya, maka didapatkan hasil P pada bulan januari sebagai berikut.

Tabel 5.7 Nilai P Pada Bulan Januari Periode I

Peringkat (m)	Januari (mm)	P (%)
1	251,45	7,143
2	224	14,286
3	196,5	21,429
4	194,2	28,571
5	189,35	35,714
6	154	42,857
7	105	50

Lanjutan Tabel 5.7 Nilai P Pada Bulan Januari Periode I

Peringkat (m)	Januari (mm)	P (%)
8	88,4	57,143
9	82	64,286
10	70	71,429
11	68,6	78,571
12	51,95	85,714
13	16,5	92,857

Perhitungan nilai P dilakukan dengan cara yang sama untuk bulan januari sampai bulan desember sehingga akan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.8 Data Hujan Periode I

No	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	P
1	251,5	307,5	279,9	209,3	92,4	94,45	40,95	121,7	90,75	159,9	253,0	221,0	7,1
2	224	279,8	227,5	208	82,7	52,7	35,75	34,45	17,2	44,5	198	215,4	14,3
3	196,5	279,3	148,1	197,5	64,5	47,85	31,25	2,05	1,3	32,5	197,9	211,4	21,4
4	194,2	258	121	177,4	52,25	37,65	23,65	0,55	0,65	4,85	195,5	200,5	28,6
5	189,4	236	112,5	142	47,35	29,5	0,5	0,15	0,2	3,5	131,7	161	35,7
6	154	235,6	109,2	114,3	46	16	0	0,1	0,15	0	119,9	159,5	42,9
7	105	179,2	104,5	98,5	42,1	13,25	0	0	0	0	94,25	124,9	50,0
8	88,4	176	97,45	89,5	39,01	3	0	0	0	0	74,55	124,5	57,1
9	82	117,5	96,65	89,15	23,3	0	0	0	0	0	70,6	99,75	64,3
10	70	107,3	78	82,4	22,85	0	0	0	0	0	68,5	79,7	71,4
11	68,6	98,5	66,85	78,5	22,4	0	0	0	0	0	67,35	59,2	78,6
12	51,95	70	45,9	68,25	18,5	0	0	0	0	0	21,5	49,55	85,7
13	16,5	56,2	41,25	38,2	0	0	0	0	0	0	9,5	1,9	92,9

Tabel 5.9 Data Hujan Periode II

No	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	P
1	339,7	218,5	225,3	234	187,0	115,3	52,3	61	176,0	142,5	522,9	393	7,1
2	278,5	215,5	201,1	121,1	99,5	74,85	18,15	25,25	66,2	60,35	272,5	256,5	14,3
3	253,6	191,3	186,5	118,5	90,55	37	9,3	0,75	46,15	56	191,8	241,8	21,4
4	175,6	183,3	167,5	86,5	70,5	35,05	3,7	0	32,35	52,8	191,5	236	28,6
5	159,0	136,9	147,4	83,9	60,1	20,35	2,2	0	0,25	37,2	162,8	208,5	35,7
6	147,1	119,5	134,1	67	41,9	19,5	0,75	0	0	37,15	155,9	174,6	42,9
7	131,6	99,6	131,5	52,3	32,7	4,3	0,3	0	0	32,1	96,1	166,1	50,0
8	121	96,15	120,5	52	32	0	0	0	0	31,1	56,35	142,8	57,1
9	101,8	86,1	115,1	50,45	16,5	0	0	0	0	26,5	55,55	141	64,3
10	101	77,25	84,5	49,6	8,5	0	0	0	0	21,45	46,25	108,5	71,4

Lanjutan Tabel 5.9 Data Hujan Periode II

No	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	P
11	90,2	62,35	60,65	34,1	6,75	0	0	0	0	0,05	40,5	95	78,6
12	64,4	58,05	56,75	23,75	0	0	0	0	0	0	12	66,2	85,7
13	61,5	16,7	40,15	10	0	0	0	0	0	0	5	1,65	92,9

Setelah didapat nilai P dalam 1 tahun, kemudian dicari hujan yang memiliki nilai P = 80%. Nilai hujan dengan probabilitas yang mendekati 80% berada diantara peringkat 11 dan 12 yang secara berurutan yaitu 78,571% dan 85,714%, sehingga untuk mencari nilai hujan dengan nilai P = 80% digunakan rumus interpolasi.

$$R_{\text{Januari I}} = \text{Jan}_I^{11} + \frac{(80 - P^{11})}{(P^{12} - P^{11})} \times (\text{Jan}_I^{12} - \text{Jan}_I^{11})$$

$$R_{\text{Januari I}} = 68,6 + \frac{(80 - 78,5714)}{(85,7142 - 78,5714)} \times (51,95 - 68,6)$$

$$R_{\text{Januari I}} = 65,27 \text{ mm}/15\text{hari}$$

$$R_{\text{Januari I}} = \frac{65,27/1000}{\text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24} = \frac{65,27/1000}{15 \times 3600 \times 24} = 5,036 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

Untuk bulan dan periode berikutnya dilakukan interpolasi dengan cara yang sama, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.10 Hujan 80%

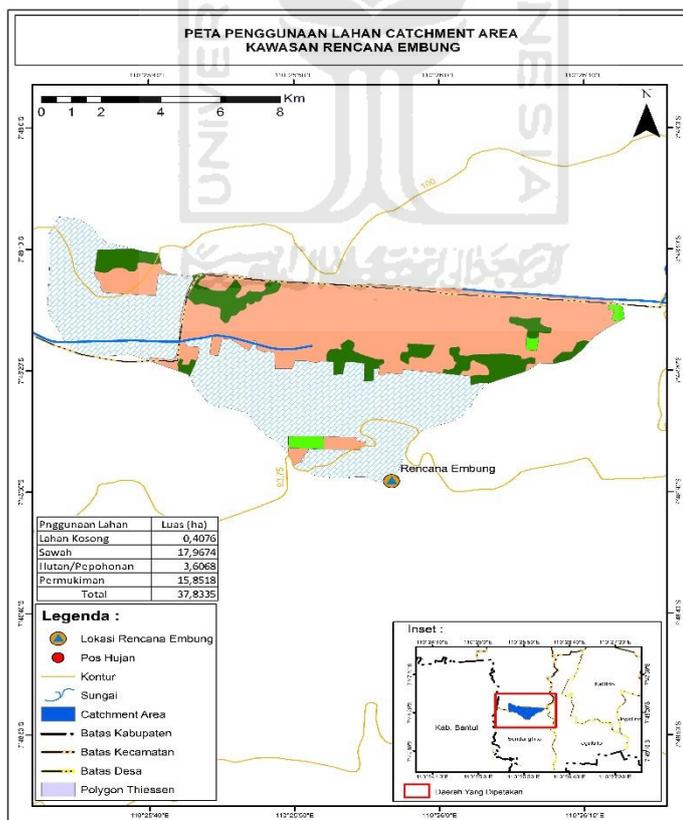
No	Bulan	Jumlah Hari	Periode	R80%	
				(mm/15 hari)	(m/s)
1	Januari	15	I	65,27	5,036E-08
		16	II	85,04	6,152E-08
2	Februari	15	I	92,8	7,160E-08
		13	II	61,49	5,475E-08
3	Maret	15	I	62,66	4,835E-08
		16	II	59,87	4,331E-08
4	April	15	I	76,45	5,899E-08
		15	II	32,03	2,471E-08
5	Mei	15	I	21,62	1,668E-08
		16	II	5,4	3,906E-09
6	Juni	15	I	0	0
		15	II	0	0
7	Juli	15	I	0	0
		16	II	0	0
8	Agustus	15	I	0	0

Lanjutan Tabel 5.10 Hujan 80%

No	Bulan	Jumlah Hari	Periode	R80%	
				(mm/15 hari)	(m/s)
9	September	16	II	0	0
		15	I	0	0
		15	II	0	0
10	Oktober	15	I	0	0
		16	II	0,04	2,894E-11
11	November	15	I	58,18	4,489E-08
		15	II	34,8	2,685E-08
12	Desember	15	I	57,27	4,419E-08
		16	II	89,24	6,455E-08

5.2 Limpasan Permukaan dan Tangkapan Hujan

Luas tangkapan hujan pada penelitian ini diperoleh dari data yang sudah ada, meliputi luas tataguna lahan dan koefisien limpasannya. Luas tangkapan hujan dan tataguna lahan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5.1 Luas Tangkapan Hujan dan Tataguna Lahan

(Sumber : CV. Hycon Andrameda, 2019)

Dari **Gambar 5.1** terdapat 4 jenis tataguna lahan yang terdiri dari lahan kosong seluas 0,4076 ha, sawah seluas 17,9674 ha, hutan seluas 3,6068 ha dan permukiman 15,8518 ha. Total luas tangkapan hujan didapat dari jumlah luas keseluruhan tataguna lahan.

$$A_{\text{tangkapan hujan}} = A_{\text{lahan kosong}} + A_{\text{sawah}} + A_{\text{hutan}} + A_{\text{permukiman}}$$

$$A_{\text{tangkapan hujan}} = 0,4076 + 17,9674 + 3,6068 + 15,8518$$

$$A_{\text{tangkapan hujan}} = 37,8335 \text{ ha} = 378335 \text{ m}^2$$

Koefisien limpasan untuk masing-masing daerah tataguna lahan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**. Karena koefisien limpasan pada setiap tataguna lahan berbeda, sehingga yang dipakai adalah nilai koefisien limpasan gabungan (C_{gabungan}). Berikut ini cara mencari nilai koefisien limpasan gabungan (C_{gabungan}).

$$C_{\text{gabungan}} = \frac{(C_{\text{lahan kosong}} \times A_{\text{lahan kosong}}) + (C_{\text{sawah}} \times A_{\text{sawah}}) + (C_{\text{hutan}} \times A_{\text{hutan}}) + (C_{\text{permukiman}} \times A_{\text{permukiman}})}{\sum A}$$

$$C_{\text{gabungan}} = \frac{(0,1 \times 4076) + (0,15 \times 179674) + (0,3 \times 36068) + (0,3 \times 158518)}{378335}$$

$$C_{\text{gabungan}} = 0,227$$

Koefisien limpasan yang dipakai adalah 0,227 dengan luastangkapan hujan total sebesar 378335 m².

Lokasi embung terletak diluar aliran sungai, walaupun terdapat saluran inlet yang mengalirkan limpasan permukaan ke embung. Namun luas tangkapan hujannya kecil, sehingga limpasan permukaan diabaikan dan ketersediaan air diperoleh dari air hujan yang jatuh di atas embung dan mata air yang terjadi di daerah tersebut.

5.3 Kebutuhan Air Baku

Laju pertumbuhan penduduk dalam mencari kebutuhan air baku sangatlah penting agar dapat diketahui jumlah air yang dibutuhkan penduduk di masa mendatang. Data jumlah penduduk terbaru yang dipakai pada penelitian ini adalah data jumlah penduduk Kelurahan Sendangtirto tahun 2018. Proyeksi jumlah penduduk dalam penelitian ini dilakukan untuk 10 tahun kedepan sehingga akan

dihasilkan perkiraan jumlah penduduk pada tahun 2028. Data jumlah penduduk pada Kelurahan Sendangtirto adalah sebagai berikut.

Tabel 5.11 Jumlah Penduduk Kelurahan Sendangtirto

Tahun	Jumlah (Jiwa)
2008	14474
2009	14711
2010	14847
2011	15057
2012	15154
2013	15137
2014	15269
2015	15397
2016	20568
2017	21140
2018	21725

Sumber : Kecamatan Berbah Dalam Angka 2009-2019

Metode yang digunakan untuk perhitungan proyeksi jumlah penduduk adalah dengan metode geometri yang dapat dilihat sebagai berikut.

$$r_{2008-2009} = \left(\frac{P_{2009}}{P_{2008}} \right)^{\frac{1}{(2009-2008)}} - 1$$

$$r_{2008-2009} = \left(\frac{14474}{14711} \right)^{\frac{1}{(1)}} - 1$$

$$r_{2008-2009} = 0,01637 \times 100\% = 1,637\%$$

Digunakan perhitungan yang sama untuk tahun berikutnya dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti diatas. Sehingga akan didapatkan hasil.

Tabel 5.12 Laju Pertumbuhan Penduduk

Angka Pertumbuhan	Laju Pertumbuhan	Persen (%)	Persen (%)
2008 - 2009	0,01637	1,637%	1,637%
2009 - 2010	0,00924	0,924%	0,924%
2010 - 2011	0,01414	1,414%	1,414%
2011 - 2012	0,00644	0,644%	0,644%
2012 - 2013	-0,00112	-0,112%	0,000%
2013 - 2014	0,00872	0,872%	0,872%
2014 - 2015	0,00838	0,838%	0,838%

Lanjutan Tabel 5.12 Laju Pertumbuhan Penduduk

Angka Pertumbuhan	Laju Pertumbuhan	Persen (%)	Persen (%)
2015 - 2016	0,33584	33,584%	33,584%
2016 - 2017	0,02781	2,781%	2,781%
2017 - 2018	0,02767	2,767%	2,767%
Rerata			4,546%

Terdapat hasil $r < 0$, artinya adalah laju pertumbuhan pada tahun tersebut mengalami penurunan jumlah penduduk. Dalam penelitian ini nilai laju pertumbuhan penduduk yang nilainya kurang dari nol diasumsikan tidak terdapat laju pertumbuhan sehingga nilai persentasenya adalah 0. Hasil rerata dari persentase laju pertumbuhan penduduk diatas adalah 4,546%. Hasil ini digunakan untuk mencari proyeksi jumlah penduduk pada tahun rencana. Perhitungan proyeksi jumlah penduduk dapat dilihat dibawah ini.

$$P_{2028} = P_{2018} \times (1+r)^{(2028-2018)}$$

$$P_{2028} = 34648 \times (1+4,546\%)^{10}$$

$$P_{2028} = 33888 \text{ Jiwa}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui jumlah penduduk (J_p) pada tahun 2028 adalah sebesar 33888 jiwa. Selanjutnya adalah menghitung kebutuhan air baku. Menurut kriteria penentuan kebutuhan air pada **Tabel 3.2**, kebutuhan air (Q_u) untuk jumlah penduduk tahun 2028 sebesar 105 l/kapita/hari untuk domestik, 20 l/kapita/hari untuk non domestik, dan 30 l/kapita/hari untuk kehilangan air. Jumlah musim kemarau (J_h) yang terjadi adalah 5 bulan dengan total 150 hari. Kebutuhan air baku dalam setahun adalah sebagai berikut.

$$V_{u\text{Domestik}} = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$V_{u\text{Domestik}} = 150 \times 33888 \times 105$$

$$V_{u\text{Domestik}} = 533736000 \text{ l} = 533736 \text{ m}^3$$

$$V_{u\text{Non Domestik}} = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$V_{u\text{Non Domestik}} = 150 \times 33888 \times 20$$

$$V_{u\text{Non Domestik}} = 101664000 \text{ l} = 101664 \text{ m}^3$$

$$V_{u\text{Kehilangan Air}} = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$V_{u\text{Kehilangan Air}} = 150 \times 33888 \times 30$$

$$V_{u\text{Kehilangan Air}} = 152496000 \text{ l} = 152496 \text{ m}^3$$

$$V_{u\text{Total}} = V_{u\text{Domestik}} + V_{u\text{Non Domestik}} + V_{u\text{Kehilangan Air}}$$

$$V_{u\text{Total}} = 533736 + 101664 + 152496$$

$$V_{u\text{Total}} = 787896 \text{ m}^3$$

Kebutuhan air baku domestik, non domestik, dan kehilangan air dijumlahkan sehingga didapatkan hasil total sebesar 787896 m³. Hasil ini disebut sebagai kebutuhan air baku total.

5.4 Kebutuhan Air Irigasi

Tujuan dibangunnya Embung Sendangtirto adalah untuk memenuhi kebutuhan air irigasi (KAI). Kebutuhan air irigasi dihitung pada saat musim kemarau saja. Luas sawah yang akan dilayani dari Embung Sendangtirto sebesar 24,82 ha. KAI diperoleh dari nilai NFR dikalikan dengan luas sawah yang akan dilayani. NFR (*Net Field Requirement*) diperoleh dari data yang sudah ada. Nilai NFR dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.13 Net Field Requirement (NFR)

No	Bulan	Jumlah Hari	Periode	NFR
				(l/det/ha)
1	Januari	15	1	0,35
		16	2	0
2	Februari	15	1	1,06
		13	2	0,99
3	Maret	15	1	0,63
		16	2	0,84
4	April	15	1	0,49
		15	2	0,59
5	Mei	15	1	0,37
		16	2	0,18
6	Juni	15	1	0,28
		15	2	0,42
7	Juli	15	1	0,55
		16	2	0,64
8	Agustus	15	1	0,84

Lanjutan Tabel 5.13 Net Field Requirement (NFR)

No	Bulan	Jumlah Hari	Periode	NFR
				(l/det/ha)
		16	2	0,81
9	September	15	1	0
		15	2	0,23
10	Oktober	15	1	1,63
		16	2	1,63
11	November	15	1	0,82
		15	2	0,86
12	Desember	15	1	0,74
		16	2	0,57

Sumber : CV. Hycon Andrameda, (2019)

Nilai NFR pada **Tabel 5.13** sudah dibagi dengan efisiensi irigasi, sehingga perlu dicari nilai kebutuhan air irigasi (KAI). Berikut ini adalah perhitungan KAI pada bulan juni periode I.

$$KAI_{\text{Juni I}} = \frac{NFR_{\text{Juni I}}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \times A_{\text{Sawah}}$$

$$KAI_{\text{Juni I}} = \frac{0,28}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24 \times 24,82$$

$$KAI_{\text{Juni I}} = 9006,6816 \text{ m}^3$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan KAI untuk bulan kemarau yaitu bulan Juni sampai Oktober dengan perhitungan yang sama, sehingga akan didapat data KAI sebagai berikut.

Tabel 5.14 Kebutuhan Air Irigasi (KAI)

No	Bulan	Jumlah Hari	Periode	NFR		KAI
				(l/det/ha)	(m ³ /ha)	(m ³)
1	Juni	15	1	0,28	362,88	9006,6816
		15	2	0,42	544,32	13510,0224
2	Juli	15	1	0,55	712,8	17691,696
		16	2	0,64	884,736	21959,14752
3	Agustus	15	1	0,84	1088,64	27020,0448
		16	2	0,81	1119,74	27792,04608
4	September	15	1	0	0	0
		15	2	0,23	298,08	7398,3456
5	Oktober	15	1	1,63	2112,48	52431,7536
		16	2	1,63	2253,31	55927,20384

Lanjutan Tabel 5.14 Kebutuhan Air Irigasi (KAI)

No	Bulan	Jumlah Hari	Periode	NFR		KAI
				(l/det/ha)	(m ³ /ha)	(m ³)
Total NFR						232736,9414

Jadi total kebutuhan air irigasi (KAI) sebesar 232736,9414 m³ dengan luas sawah 24,82 ha.

5.5 Analisis Karakteristik Embung

Analisis karakteristik embung adalah analisis hubungan elevasi, luas, dan volume embung dalam bentuk grafik hingga didapat tampungan efektif embung. Langkah analisis karakteristik embung akan dijelaskan sebagai berikut.

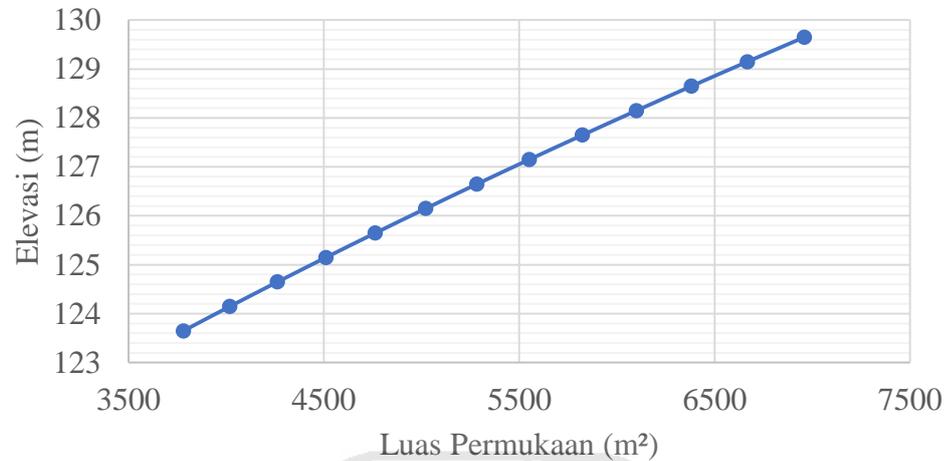
5.5.1 Hubungan Elevasi Dengan Luas

Data elevasi dan luas permukaan embung dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.15 Data Elevasi dan Luas Permukaan Embung

No	Elevasi	Tinggi (m)	Luas (m ²)
1	123,65	0	3781,29
2	124,15	0,5	4019,8
3	124,65	1	4263,11
4	125,15	1,5	4511,23
5	125,65	2	4764,14
6	126,15	2,5	5021,85
7	126,65	3	5284,36
8	127,15	3,5	5551,67
9	127,65	4	5823,78
10	128,15	4,5	6100,69
11	128,65	5	6382,4
12	129,15	5,5	6668,9
13	129,65	6	6960,21

Dari **Tabel 5.15** dibuat grafik hubungan antara elevasi dan luas permukaan embung sebagai berikut.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Elevasi dengan Luas Permukaan

5.5.2 Hubungan Elevasi Dengan Volume

Volume embung dapat dicari dari luas permukaan embung pada setiap elevasi. Hasil volume yang sudah diperoleh kemudian dijumlahkan sehingga akan didapat volume kumulatifnya.

Elevasi 123,65 m memiliki luas permukaan 3781,29 m². Karena elevasi ini adalah dasar dari embung, maka dapat dikatakan V_0 adalah 0.

Elevasi 124,15 m memiliki luas permukaan 4019,8 m², maka volumenya adalah sebagai berikut.

$$V_1 = \frac{(A_0 + A_1)}{2} \times (a_1 - a_0)$$

$$V_1 = \frac{(3781,29 + 4019,8)}{2} \times (124,15 - 123,65)$$

$$V_1 = 1950,273 \text{ m}^3$$

Volume kumulatif V_1 adalah

$$V_1 = V_1 + V_0$$

$$V_1 = 1950,273 + 0$$

$$V_1 = 1950,273 \text{ m}^3$$

Elevasi 124,65 m memiliki luas permukaan 4263,11 m², maka volumenya adalah sebagai berikut.

$$V_2 = \frac{(A_1+A_2)}{2} \times (a_2-a_1)$$

$$V_2 = \frac{(4019,8+4263,11)}{2} \times (124,65-124,15)$$

$$V_2 = 2070,728 \text{ m}^3$$

Volume kumulatif V_2 adalah

$$V_2 = V_2 + V_1$$

$$V_2 = 2070,728 + 1950,273$$

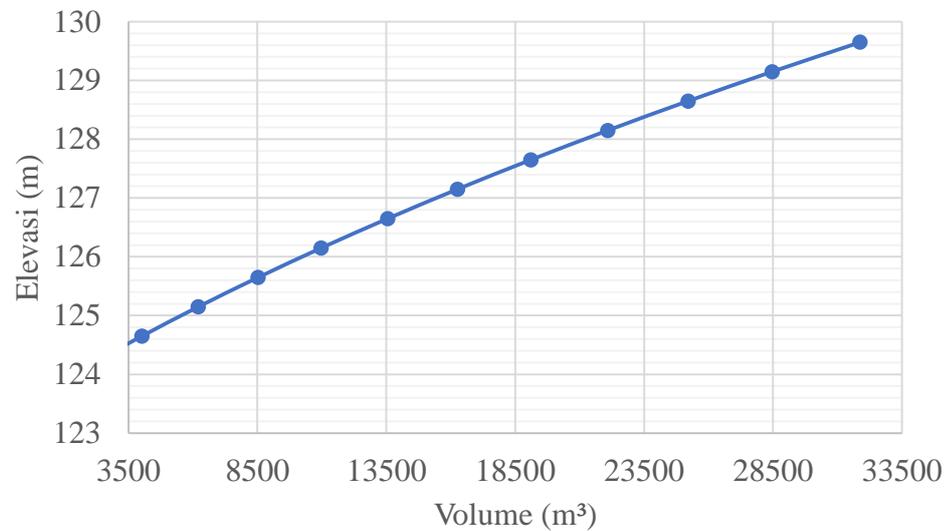
$$V_2 = 4021 \text{ m}^3$$

Volume selanjutnya dihitung dengan cara yang sama, sehingga akan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.16 Volume Tampungan Embung

No	Elevasi	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
1	123,65	0	3781,29	0	0
2	124,15	0,5	4019,8	1950,273	1950,273
3	124,65	1	4263,11	2070,728	4021,000
4	125,15	1,5	4511,23	2193,585	6214,585
5	125,65	2	4764,14	2318,843	8533,428
6	126,15	2,5	5021,85	2446,498	10979,925
7	126,65	3	5284,36	2576,553	13556,478
8	127,15	3,5	5551,67	2709,008	16265,485
9	127,65	4	5823,78	2843,863	19109,348
10	128,15	4,5	6100,69	2981,118	22090,465
11	128,65	5	6382,4	3120,773	25211,238
12	129,15	5,5	6668,9	3262,825	28474,063
13	129,65	6	6960,21	3407,278	31881,340

Dari **Tabel 5.16** dibuat grafik hubungan antara elevasi dan volume embung sebagai berikut.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Elevasi dengan Volume

5.6 Analisis Kapasitas Embung Berdasar Ketersediaan Air (V_h)

Kapasitas tampungan Embung Sendangtirto berdasar ketersediaan air diperoleh dari mata air dan hujan yang jatuh di atas embung. Menurut data yang sudah ada, debit mata air pada Embung Sendangtirto sebesar 39,56 l/detik atau $0,03956 \text{ m}^3/\text{s}$. Perhitungan debit mata air selama 1 periode adalah sebagai berikut.

$$V_{\text{mata air}} = Q_{\text{mata air}} \times \text{Jumlah hari januari periode I} \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{mata air}} = 0,03956 \times 15 \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{mata air}} = 51269,8 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{mata air}} = Q_{\text{mata air}} \times \text{Jumlah hari januari periode II} \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{mata air}} = 0,03956 \times 16 \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{mata air}} = 54687,7 \text{ m}^3$$

Dilakukan perhitungan yang sama untuk bulan dan periode berikutnya.

Hujan yang jatuh di atas embung dihitung dari hujan 80% dikalikan dengan luas permukaan embung. Berikut ini contoh perhitungan hujan di atas embung pada bulan januari.

$$V_{\text{hujan}} = R_{\text{Januari I}} \times A_{\text{Embung}} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{hujan}} = 5,03627 \times 10^{-8} \times 6960,21 \times 15 \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{hujan}} = 454,29 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{hujan}} = R_{\text{Januari II}} \times A_{\text{Embung}} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{hujan}} = 6,15162 \times 10^{-8} \times 6960,21 \times 16 \times 3600 \times 24$$

$$V_{\text{hujan}} = 591,9 \text{ m}^3$$

Hujan yang jatuh di atas embung untuk bulan dan periode berikutnya dilakukan dengan cara yang sama seperti contoh perhitungan V_{hujan} diatas.

Hasil volume mata air dan volume hujan yang jatuh diatas embung yang sudah dihitung kemudian dijumlahkan sehingga didapat kapasitas embung berdasar ketersediaan air pada bulan tertentu.

$$V_{\text{Total Januari I}} = V_{\text{mata air januari I}} + V_{\text{hujan januari I}}$$

$$V_{\text{Total Januari I}} = 51269,8 + 454,29$$

$$V_{\text{Total Januari I}} = 51.724,05 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Total Januari II}} = V_{\text{mata air januari II}} + V_{\text{hujan januari II}}$$

$$V_{\text{Total Januari II}} = 54687,7 + 591,9$$

$$V_{\text{Total Januari II}} = 55.279,64 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan cara yang sama untuk bulan dan periode berikutnya, sehingga akan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.17 Rekapitulasi Kapasitas Tampungan Embung Berdasar Ketersediaan Air (V_h)

No	Bulan	Jumlah Hari	Vmata air		Hujan yang jatuh		V total (m^3)
			(m^3/s)	(m^3)	(m^3/s)	(m^3)	
1	Januari	15	0,03956	51269,8	0,00035	454,29	51.724,05
		16	0,03956	54687,7	0,00043	591,90	55.279,64
2	Februari	15	0,03956	51269,8	0,0005	645,91	51.915,67
		13	0,03956	44433,8	0,00038	427,98	44.861,78
3	Maret	15	0,03956	51269,8	0,00034	436,13	51.705,89
		16	0,03956	54687,7	0,0003	416,71	55.104,45
4	April	15	0,03956	51269,8	0,00041	532,11	51.801,87
		15	0,03956	51269,8	0,00017	222,94	51.492,70
5	Mei	15	0,03956	51269,8	0,00012	150,48	51.420,24
		16	0,03956	54687,7	2,7E-05	37,59	54.725,33
6	Juni	15	0,03956	51269,8	0	0,00	51.269,76

Lanjutan Tabel 5.17 Rekapitulasi Kapasitas Tampungan Embung Berdasar

No	Bulan	Jumlah Hari	Ketersediaan Air (V_h) Vmata air		Hujan yang jatuh		V total (m^3)
			(m^3/s)	(m^3)	(m^3/s)	(m^3)	
		15	0,03956	51269,8	0	0,00	51.269,76
7	Juli	15	0,03956	51269,8	0	0,00	51.269,76
		16	0,03956	54687,7	0	0,00	54.687,74
8	Agustus	15	0,03956	51269,8	0	0,00	51.269,76
		16	0,03956	54687,7	0	0,00	54.687,74
9	September	15	0,03956	51269,8	0	0,00	51.269,76
		15	0,03956	51269,8	0	0,00	51.269,76
10	Oktober	15	0,03956	51269,8	0	0,00	51.269,76
		16	0,03956	54687,7	2E-07	0,28	54.688,02
11	November	15	0,03956	51269,8	0,00031	404,95	51.674,71
		15	0,03956	51269,8	0,00019	242,22	51.511,98
12	Desember	15	0,03956	51269,8	0,00031	398,61	51.668,37
		16	0,03956	54687,7	0,00045	621,13	55.308,87
Jumlah Ketersediaan Air (V_h)							1.253.147,36

Dari Tabel 5.17, kapasitas total tampungan embung berdasar ketersediaan air (V_h) adalah sebesar 1253147,36 m^3 .

5.7 Analisis Kapasitas Embung Berdasar Kebutuhan Air (V_n)

Kapasitas embung berdasar kebutuhan air dibagi menjadi dua yaitu dengan volume tampungan hidup untuk melayani kebutuhan air irigasi ($V_{u \text{ irigasi}}$) dan volume tampungan hidup untuk melayani kebutuhan air baku serta irigasi ($V_{u \text{ baku+irigasi}}$). Adapun kapasitas embung berdasar kebutuhan air irigasi ($V_n \text{ irigasi}$) didapatkan dengan langkah sebagai berikut.

1. Volume tampungan hidup untuk melayani kebutuhan air irigasi ($V_{u \text{ irigasi}}$)

Total kebutuhan air irigasi (KAI) sebesar 232736,9414 m^3 dengan luas sawah 24,82 ha, sehingga nilai $V_{u \text{ irigasi}}$ adalah 232736,9414 m^3 .

2. Ruang yang disediakan untuk sedimen (V_s)

$$V_s = 5\% \times V_{u \text{ irigasi}}$$

$$V_s = 5\% \times 232736,9414$$

$$V_s = 11636,8471 \text{ m}^3$$

3. Volume air yang merembes (V_i)

$$V_i = 25\% \times V_u \text{ irigasi}$$

$$V_i = 25\% \times 232736,9414$$

$$V_i = 58184,2354 \text{ m}^3$$

4. Volume air yang menguap (V_e)

Data evaporasi data dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.18 Data Penguapan

Bulan	Periode	Evaporasi (mm/15 hari)
Januari	I	58,77
	II	65,82
Februari	I	67,54
	II	51,21
Maret	I	66,20
	II	71,05
April	I	60,54
	II	62,16
Mei	I	67,53
	II	63,41
Juni	I	63,79
	II	60,13
Juli	I	57,97
	II	75,51
Agustus	I	75,30
	II	78,65
September	I	73,65
	II	75,80
Oktober	I	78,68
	II	76,61
November	I	59,79
	II	66,22
Desember	I	52,82
	II	61,56
Rerata		66,48

Dari tabel diatas, evaporasi rerata yang terjadi selama setahun sebesar 66,48 mm.

Luas permukaan Embung Sendangtirto adalah 6960,21 m².

$$V_e = A_{\text{embung}} \times \frac{e_{\text{rerata}}}{1000}$$

$$V_e = 6960,21 \times \frac{66,48}{1000}$$

$$V_e = 462,7468 \text{ m}^3$$

5. Kapasitas embung berdasar kebutuhan air

$$V_{n \text{ irigasi}} = V_{u \text{ irigasi}} + V_s + V_i + V_e$$

$$V_{n \text{ irigasi}} = 232736,9414 + 11636,8471 + 58184,2354 + 462,7468$$

$$V_{n \text{ irigasi}} = 303020,7707 \text{ m}^3$$

Jadi, kapasitas embung berdasar kebutuhan air irigasi ($V_{n \text{ irigasi}}$) adalah sebesar 303020,7707 m^3 .

Sedangkan untuk kapasitas embung berdasar kebutuhan air baku dan irigasi ($V_{n \text{ baku+irigasi}}$) didapatkan dengan langkah sebagai berikut.

1. Volume tampungan hidup untuk melayani kebutuhan air baku dan irigasi ($V_{u \text{ baku+irigasi}}$)

Kebutuhan air baku adalah sebesar 787896 m^3 , sedangkan kebutuhan air irigasi (KAI) sebesar 232736,9414 m^3 dengan luas sawah 24,82 ha, sehingga nilai $V_{u \text{ baku+irigasi}}$ adalah jumlah dari kebutuhan air baku dengan kebutuhan air irigasi.

$$V_{u \text{ baku+irigasi}} = V_{u \text{ baku}} + V_{u \text{ irigasi}}$$

$$V_{u \text{ baku+irigasi}} = 787896 + 232736,9414$$

$$V_{u \text{ baku+irigasi}} = 1020632,9414 \text{ m}^3$$

2. Ruangan yang disediakan untuk sedimen (V_s)

$$V_s = 5\% \times V_{u \text{ baku+irigasi}}$$

$$V_s = 5\% \times 1020632,9414$$

$$V_s = 51031,6471 \text{ m}^3$$

3. Volume air yang merembes (V_i)

$$V_i = 25\% \times V_{u \text{ baku+irigasi}}$$

$$V_i = 25\% \times 1020632,9414$$

$$V_i = 255258,2354 \text{ m}^3$$

4. Volume air yang menguap (V_e)

Data evaporasi data dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.19 Data Penguapan

Bulan	Periode	Evaporasi (mm/15 hari)
Januari	I	58,77
	II	65,82
Februari	I	67,54
	II	51,21
Maret	I	66,20
	II	71,05
April	I	60,54
	II	62,16
Mei	I	67,53
	II	63,41
Juni	I	63,79
	II	60,13
Juli	I	57,97
	II	75,51
Agustus	I	75,30
	II	78,65
September	I	73,65
	II	75,80
Oktober	I	78,68
	II	76,61
November	I	59,79
	II	66,22
Desember	I	52,82
	II	61,56
Rerata		66,48

Dari tabel diatas, evaporasi rerata yang terjadi selama setahun sebesar 66,48 mm.

Luas permukaan Embung Sendangtirto adalah 6960,21 m².

$$V_e = A_{\text{embung}} \times \frac{e_{\text{rerata}}}{1000}$$

$$V_e = 6960,21 \times \frac{66,48}{1000}$$

$$V_e = 462,7468 \text{ m}^3$$

5. Kapasitas embung berdasar kebutuhan air

$$V_{n \text{ baku+irigasi}} = V_{u \text{ baku+irigasi}} + V_s + V_i + V_e$$

$$V_{n \text{ baku+irigasi}} = 1020632,9414 + 51031,6471 + 255258,2354 + 462,7468$$

$$V_{n \text{ baku+irigasi}} = 1327285,5707 \text{ m}^3$$

Jadi, kapasitas embung berdasar kebutuhan air irigasi ($V_{n \text{ baku+irigasi}}$) adalah sebesar $1327285,5707 \text{ m}^3$.

5.8 Analisis Kapasitas Embung Berdasar Topografi (V_p)

Kapasitas embung berdasarkan topografi dilihat dari grafik hubungan elevasi, luas permukaan, dan volume. Kondisi geologi embung yang cukup baik serta bahan yang digunakan yaitu beton, maka tinggi embung maksimum adalah 6 m. Pada analisis ini, kapasitas embung ditentukan dari volume maksimum embung. Volume maksimum embung dari analisis karakteristik embung adalah $31881,340 \text{ m}^3$ pada elevasi 129,65 m. Berdasarkan pengamatan di beberapa embung yang ada, secara praktis ruang setinggi 1 m di atas dasar kolam telah cukup menampung sedimen (kasiro dkk, 1997), sehingga untuk volume tampungan matinya adalah 4021 m^3 . Sedangkan untuk tampungan hidupnya adalah selisih dari volume maksimal dengan tampungan mati, sehingga didapatkan hasil $27860,34 \text{ m}^3$.

5.9 Kapasitas Embung

Kapasitas embung yang dipakai adalah kapasitas terkecil dari analisis kapasitas embung berdasar ketersediaan air (V_h), analisis kapasitas embung berdasar kebutuhan air irigasi ($V_{n \text{ irigasi}}$), analisis kapasitas embung berdasar kebutuhan air baku+irigasi ($V_{n \text{ baku+irigasi}}$), dan analisis kapasitas embung berdasar topografi (V_p). Dari perhitungan yang sudah dilakukan, diperoleh nilai $V_h = 1253147,36 \text{ m}^3$; $V_{n \text{ irigasi}} = 303020,7707 \text{ m}^3$; $V_{n \text{ baku+irigasi}} = 1327285,5707 \text{ m}^3$; dan $V_p = 31881,340 \text{ m}^3$. Karena nilai V_p adalah nilai terkecil, maka nilai tersebut yang digunakan sebagai kapasitas embung.

5.10 Neraca Air dan Tingkat Keandalan

Neraca air menunjukkan jumlah air yang masuk, yang tersedia, dan yang keluar embung. Dalam penelitian ini terdapat dua neraca air yang dibedakan

berdasarkan tujuan pelayanan embung, yaitu untuk kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku+irigasi.

5.10.1 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Pelayanan Air Irigasi

Neraca air dari perencanaan embung dengan tujuan untuk melayani kebutuhan air irigasi. Luas sawah yang akan diari embung adalah 24,82 ha, sehingga neraca air embung untuk melayani kebutuhan air irigasi selama satu tahun dapat dicari dengan langkah berikut ini.

1. Ketersediaan air

Data ketersediaan air didapat dari hasil analisis kapasitas embung berdasar ketersediaan air. Ketersediaan air ini menunjukkan jumlah air yang masuk ke dalam embung dalam satu periode selama setahun. Data ketersediaan air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.20 Data Ketersediaan Air

Bulan	Jumlah Hari	Ketersediaan Air
		(m ³)
Januari	15	51.724,05
	16	55.279,64
Februari	15	51.915,67
	13	44.861,78
Maret	15	51.705,89
	16	55.104,45
April	15	51.801,87
	15	51.492,70
Mei	15	51.420,24
	16	54.725,33
Juni	15	51.269,76
	15	51.269,76
Juli	15	51.269,76
	16	54.687,74
Agustus	15	51.269,76
	16	54.687,74
September	15	51.269,76
	15	51.269,76
Oktober	15	51.269,76
	16	54.688,02
November	15	51.674,71
	15	51.511,98

Lanjutan Tabel 5.20 Data Ketersediaan Air

Bulan	Jumlah Hari	Ketersediaan Air
		(m ³)
Desember	15	51.668,37
	16	55.308,87

2. Kebutuhan pengambilan untuk air irigasi

Kebutuhan air irigasi termasuk kedalam air yang akan keluar dari embung. Luas sawah yang akan dilayani oleh Embung Sendangtirto adalah 24,82 m². Berikut ini kebutuhan air irigasi yang akan dilayani.

Tabel 5.21 Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	Jumlah Hari	NFR
			(l/det/ha)
Januari	I	15	0,35
	II	16	0
Februari	I	15	1,06
	II	13	0,99
Maret	I	15	0,63
	II	16	0,84
April	I	15	0,49
	II	15	0,59
Mei	I	15	0,37
	II	16	0,18
Juni	I	15	0,28
	II	15	0,42
Juli	I	15	0,55
	II	16	0,64
Agustus	I	15	0,84
	II	16	0,81
September	I	15	0
	II	15	0,23
Oktober	I	15	1,63
	II	16	1,63
November	I	15	0,82
	II	15	0,86
Desember	I	15	0,74
	II	16	0,57

3. Evaporasi pada permukaan tampungan embung

Data evaporasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.22 Data Evaporasi

Bulan	Evaporasi (mm/15 hari)
Januari	58,77
	65,82
Februari	67,54
	51,21
Maret	66,20
	71,05
April	60,54
	62,16
Mei	67,53
	63,41
Juni	63,79
	60,13
Juli	57,97
	75,51
Agustus	75,30
	78,65
September	73,65
	75,80
Oktober	78,68
	76,61
November	59,79
	66,22
Desember	52,82
	61,56

Nilai evaporasi yang dipakai dalam perhitungan neraca air adalah evaporasi yang terjadi pada setiap periode dikali dengan luas permukaan embung yang terjadi pada setiap periode.

4. Resapan pada embung

Nilai resapan pada embung adalah sebesar 25% dari tampungan akhir yang terjadi. Nilai 25% ini diambil karena dasar dan dinding kolam embung bersifat semi lulus air.

Perhitungan neraca air dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut.

a. Menentukan n

Nilai n ditentukan berdasarkan urutan periode dalam satu tahun. Urutan nilai n dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.23 Penentuan Nilai n

Bulan	Jumlah Hari	Periode	n
Januari	16	II	1
Februari	15	I	2
	13	II	3
Maret	15	I	4
	16	II	5
April	15	I	6
	15	II	7
Mei	15	I	8
	16	II	9
Juni	15	I	10
	15	II	11
Juli	15	I	12
	16	II	13
Agustus	15	I	14
	16	II	15
September	15	I	16
	15	II	17
Oktober	15	I	18
	16	II	19
November	15	I	20
	15	II	21
Desember	15	I	22
	16	II	23
Januari	15	I	24

b. Menentukan *inflow* (I_n)

Inflow (I_n) ditentukan berdasarkan aliran yang akan masuk ke embung. Jumlah air yang akan mengisi embung berasal dari ketersediaan air. Namun total ketersediaan air dikurangi dengan evaporasi dan resapan yang terjadi pada tiap periode. Perhitungan *inflow* (I_n) dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

$$I_{n\text{Januari II}} = V_{\text{ketersediaan air Januari II}} - \left(\frac{e_{\text{Januari II}}}{1000} \times A_{\text{embung}} \right) - \text{resapan}$$

$$I_{n\text{Januari II}} = 55279,64 - \left(\frac{0}{1000} \times 3781,29 \right) - 0$$

$I_{n\text{Januari II}} = 55279,64 \text{ m}^3$ (nilai evaporasi dan resapan pada Januari periode II bernilai 0 karena pada awal pengoperasian, tampungan embung belum terisi)

$$I_{n\text{Februari I}} = V_{\text{ketersediaan air Februari I}} - \left(\frac{C_{\text{Februari II}}}{1000} \times A_{\text{embung}} \right) - \text{resapan}$$

$$I_{n\text{Februari I}} = 51915,67 - \left(\frac{67,54}{1000} \times 6960,21 \right) - 7970,34$$

$$I_{n\text{Februari I}} = 43.475,24 \text{ m}^3$$

Ketersediaan air bulan berikutnya dicari dengan perhitungan yang sama seperti di atas, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 5.24 Nilai Inflow (I_n)

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Evaporasi	Resapan	Inflow (I_n)
			m^3	m^3	m^3
Januari	II	16	0,00	0,00	55.279,64
Februari	I	15	470,09	7.970,34	43.475,24
	II	13	356,43	7.970,34	36.535,01
Maret	I	15	460,77	7.970,34	43.274,79
	II	16	494,52	7.970,34	46.639,59
April	I	15	421,37	7.970,34	43.410,16
	II	15	432,65	7.970,34	43.089,71
Mei	I	15	470,02	7.970,34	42.979,88
	II	16	441,35	7.970,34	46.313,65
Juni	I	15	443,99	7.970,34	42.855,43
	II	15	418,52	7.970,34	42.880,91
Juli	I	15	403,48	7.970,34	42.895,94
	II	16	525,57	7.970,34	46.191,84
Agustus	I	15	524,10	7.970,34	42.775,32
	II	16	547,42	7.970,34	46.169,99
September	I	15	512,62	7.970,34	42.786,81
	II	15	527,58	7.970,34	42.771,84
Oktober	I	15	547,63	7.970,34	42.751,80
	II	16	533,22	5.550,35	48.604,46
November	I	15	323,66	3.719,66	47.631,38
	II	15	456,14	7.970,34	43.085,50
Desember	I	15	367,64	7.970,34	43.330,40
	II	16	428,47	7.970,34	46.910,07
Januari	I	15	462,75	7.970,34	43.290,97

c. Menentukan *outflow* (O_n)

Outflow (O_n) adalah aliran yang keluar dari embung, sehingga untuk nilai *outflow* (O_n) yaitu kebutuhan air irigasi (KAI) yang harus dilayani dalam luasan sawah pada setiap periode. Awal pengoperasian embung yaitu pada bulan Januari periode II karena memiliki nilai NFR nol, sehingga nilai *outflow* pada bulan Januari periode II adalah nol. Berikut ini adalah perhitungan nilai *outflow* (O_n) pada bulan Januari periode II dan Februari periode I.

$$O_{n\text{Januari II}} = \frac{\text{NFR}_{\text{Januari II}}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \times A_{\text{sawah}}$$

$$O_{n\text{Januari II}} = \frac{0}{1000} \times 16 \times 3600 \times 24 \times 24,82$$

$$O_{n\text{Januari II}} = 0 \text{ m}^3 \text{ (Awal pengoperasian embung)}$$

$$O_{n\text{Februari I}} = \frac{\text{NFR}_{\text{Februari I}}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \times A_{\text{sawah}}$$

$$O_{n\text{Februari I}} = \frac{1,06}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24 \times 24,82$$

$$O_{n\text{Februari I}} = 34.096,72 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka nilai *outflow* (O_n) dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.25 Nilai *Outflow* (O_n)

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		<i>Outflow</i> (O_n)
			(l/det/ha)	(m ³)	(m ³)
Januari	II	16	0	0,00	0,00 (tahap pengisian belum beroperasi)
Februari	I	15	1,06	34.096,72	34.096,72
	II	13	0,99	27.599,05	27.599,05
Maret	I	15	0,63	20.265,03	20.265,03
	II	16	0,84	28.821,38	28.821,38
April	I	15	0,49	15.761,69	15.761,69
	II	15	0,59	18.978,36	18.978,36
Mei	I	15	0,37	11.901,69	11.901,69
	II	16	0,18	6.176,01	6.176,01
Juni	I	15	0,28	9.006,68	9.006,68
	II	15	0,42	13.510,02	13.510,02
Juli	I	15	0,55	17.691,70	17.691,70

Lanjutan Tabel 5.25 Nilai Outflow (On)

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Outflow (On)
			(l/det/ha)	(m ³)	(m ³)
	II	16	0,64	21.959,15	21.959,15
Agustus	I	15	0,84	27.020,04	27.020,04
	II	16	0,81	27.792,05	27.792,05
September	I	15	0	0,00	0,00
	II	15	0,23	7.398,35	7.398,35
Oktober	I	15	1,63	52.431,75	52.431,75
	II	16	1,63	55.927,20	55.927,20
November	I	15	0,82	26.376,71	26.376,71
	II	15	0,86	27.663,38	27.663,38
Desember	I	15	0,74	23.803,37	23.803,37
	II	16	0,57	19.557,37	19.557,37
Januari	I	15	0,35	11.258,35	11.258,35

d. Menentukan volume S_n

Volume S_n adalah volume tampungan awal periode ke n , sedangkan untuk periode selanjutnya nilai S_n diambil dari S_{n+1} terjadi periode sebelumnya. S_n bulan Januari periode II yaitu senilai 0 karena awal pengoperasian Embung Sendangtirto. Nilai S_{n+1} terjadi diambil dari hasil S_{n+1} yang tidak melebihi volume tampungan embung dan tidak kurang dari tampungan mati embung yaitu $4021 \text{ m}^3 \leq S_{n+1}$ terjadi $< 31881,34 \text{ m}^3$.

5. Menentukan volume S_{n+1}

S_{n+1} adalah volume tampungan awal periode ke $n+1$ atau volume tampungan akhir periode ke n , artinya jika S_n adalah volume awal bulan Januari periode II maka volume akhir Februari periode I adalah S_{n+1} dan selanjutnya mengikuti penentuan n pada **Tabel 5.23**. Cara untuk mendapatkan nilai S_{n+1} dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = I - O$$

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = 55279,64 - 0$$

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = 55279,64 \text{ m}^3$$

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

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

Jikan $S_{n+1} >$ kapasitas embung, maka air akan melimpas, kebutuhan air terpenuhi dan S_{n+1} terjadi adalah sama dengan kapasitas embung yaitu $31881,34 \text{ m}^3$.

Dari perhitungan nilai S_{n+1} pada bulan Januari periode II di atas diperoleh hasil volume sebesar $55279,64 \text{ m}^3$. Karena nilai tersebut lebih dari nilai kapasitas embung, maka airnya akan melimpas dan nilai S_{n+1} terjadi adalah $31881,34 \text{ m}^3$. Sehingga nilai S_n pada bulan Februari periode I sama dengan S_{n+1} terjadi pada bulan Januari periode II. Perhitungan S_{n+1} bulan Februari periode I dapat dilihat sebagai berikut.

$$S_{n+1} \text{ Februari I} = S_n + I - O$$

$$S_{n+1} \text{ Februari I} = 31881,34 + 43475,24 - 34096,72$$

$$S_{n+1} \text{ Februari I} = 41259,86 \text{ m}^3$$

Pada bulan Februari periode I diperoleh nilai $S_{n+1} >$ kapasitas embung, maka nilai S_{n+1} terjadi adalah $31881,34 \text{ m}^3$. Perhitungan dilakukan dengan cara yang sama dari Januari periode I sampai Desember periode II.

6. *Outflow* terjadi (O_n terjadi)

Outflow terjadi (O_n terjadi) adalah jumlah air yang akan dikeluarkan oleh embung untuk memenuhi kebutuhan air irigasi. Nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) ditentukan berdasarkan S_{n+1} di embung. Jika nilai S_{n+1} kurang dari tampungan mati, maka nilai *outflow* (O_n) harus diperkecil karena ketersediaan air tidak mampu memenuhi *outflow* (O_n). Hasil dari *outflow* (O_n) yang diperkecil ini adalah nilai dari *outflow* terjadi. Jika ketersediaan air mampu untuk melayani kebutuhan air irigasi, maka nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) adalah sama dengan nilai *outflow* rencana (O_n).

Tampungan akhir embung (S_{n+1}) pada embung untuk pelayanan irigasi lebih dari tampungan mati, sehingga *outflow* yang terjadi sama dengan *outflow* rencana.

7. Tingkat Keandalan (TK)

Perhitungan tingkat keandalan embung dapat dilihat pada contoh perhitungan berikut ini.

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

$$TK_{\text{Februari I}} = \frac{34096,72}{34096,72} \times 100\%$$

$$TK_{\text{Februari I}} = 100 \%$$

Tingkat keandalan untuk bulan dan periode selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil rekapitulasi neraca air dan tingkat keandalan embung untuk pelayanan irigasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.



Tabel 5.26 Rekapitulasi Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Pelayanan Irigasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Sn	Ketersediaan Air	Kebutuhan Air Irigasi			Evaporasi	Resapan	Inflow	Outflow	Sn+1	Keterangan	Keterangan	Sn+1 Terjadi	Elevasi Muka Air	Outflow Terjadi	Keandalan
				m ³	m ³	(l/det/ha)	(m ³ /ha)	(m ³)	m ³	m	m ³	%							
1	Jan	II	16	0,00	55.279,64	0	0	0,00	0,00	0,00	55.279,64	0,00	55.279,64	Melimpas	-	31.881,34	123,65	0,00	-
2	Feb	I	15	31.881,34	51.915,67	1,06	1373,76	34.096,72	470,09	7.970,34	43.475,24	34.096,72	41.259,86	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	34.096,72	100%
3		II	13	31.881,34	44.861,78	0,99	1111,968	27.599,05	356,43	7.970,34	36.535,01	27.599,05	40.817,30	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	27.599,05	100%
4	Mar	I	15	31.881,34	51.705,89	0,63	816,48	20.265,03	460,77	7.970,34	43.274,79	20.265,03	54.891,09	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	20.265,03	100%
5		II	16	31.881,34	55.104,45	0,84	1161,216	28.821,38	494,52	7.970,34	46.639,59	28.821,38	49.699,55	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	28.821,38	100%
6	Apr	I	15	31.881,34	51.801,87	0,49	635,04	15.761,69	421,37	7.970,34	43.410,16	15.761,69	59.529,81	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	15.761,69	100%
7		II	15	31.881,34	51.492,70	0,59	764,64	18.978,36	432,65	7.970,34	43.089,71	18.978,36	55.992,69	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	18.978,36	100%
8	Mei	I	15	31.881,34	51.420,24	0,37	479,52	11.901,69	470,02	7.970,34	42.979,88	11.901,69	62.959,54	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	11.901,69	100%
9		II	16	31.881,34	54.725,33	0,18	248,832	6.176,01	441,35	7.970,34	46.313,65	6.176,01	72.018,98	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	6.176,01	100%
10	Jun	I	15	31.881,34	51.269,76	0,28	362,88	9.006,68	443,99	7.970,34	42.855,43	9.006,68	65.730,09	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	9.006,68	100%
11		II	15	31.881,34	51.269,76	0,42	544,32	13.510,02	418,52	7.970,34	42.880,91	13.510,02	61.252,23	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	13.510,02	100%
12	Jul	I	15	31.881,34	51.269,76	0,55	712,8	17.691,70	403,48	7.970,34	42.895,94	17.691,70	57.085,59	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	17.691,70	100%
13		II	16	31.881,34	54.687,74	0,64	884,736	21.959,15	525,57	7.970,34	46.191,84	21.959,15	56.114,04	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	21.959,15	100%
14	Agt	I	15	31.881,34	51.269,76	0,84	1088,64	27.020,04	524,10	7.970,34	42.775,32	27.020,04	47.636,62	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	27.020,04	100%
15		II	16	31.881,34	54.687,74	0,81	1119,744	27.792,05	547,42	7.970,34	46.169,99	27.792,05	50.259,28	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	27.792,05	100%
16	Sep	I	15	31.881,34	51.269,76	0	0	0,00	512,62	7.970,34	42.786,81	0,00	74.668,15	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	0,00	-
17		II	15	31.881,34	51.269,76	0,23	298,08	7.398,35	527,58	7.970,34	42.771,84	7.398,35	67.254,84	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	7.398,35	100%
18	Okt	I	15	31.881,34	51.269,76	1,63	2112,48	52.431,75	547,63	7.970,34	42.751,80	52.431,75	22.201,38	TidakMelimpas	Terpenuhi	22.201,38	129,65	52.431,75	100%
19		II	16	22.201,38	54.688,02	1,63	2253,312	55.927,20	533,22	5.550,35	48.604,46	55.927,20	14.878,63	TidakMelimpas	Terpenuhi	14.878,63	128,20	55.927,20	100%
20	Nov	I	15	14.878,63	51.674,71	0,82	1062,72	26.376,71	323,66	3.719,66	47.631,38	26.376,71	36.133,31	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	126,93	26.376,71	100%
21		II	15	31.881,34	51.511,98	0,86	1114,56	27.663,38	456,14	7.970,34	43.085,50	27.663,38	47.303,46	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	27.663,38	100%
22	Des	I	15	31.881,34	51.668,37	0,74	959,04	23.803,37	367,64	7.970,34	43.330,40	23.803,37	51.408,37	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	23.803,37	100%
23		II	16	31.881,34	55.308,87	0,57	787,968	19.557,37	428,47	7.970,34	46.910,07	19.557,37	59.234,04	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	19.557,37	100%
24	Jan	I	15	31.881,34	51.724,05	0,35	453,6	11.258,35	462,75	7.970,34	43.20,97	11.258,35	63.913,96	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	11.258,35	100%

5.10.2 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Pelayanan Air Baku dan Irigasi

Neraca air untuk perencanaan embung untuk melayani kebutuhan air baku dan air irigasi. Jumlah penduduk dengan proyeksi 10 tahun adalah 43732 jiwa dan luas sawah yang akan dilayani adalah 24,82 ha. Simulasi neraca air dilakukan dengan cara yang sama hanya saja untuk *outflow* adalah jumlah dari kebutuhan air baku dan air irigasi. Berikut ini langkah simulasi neraca air embung untuk pelayanan air baku+irigasi.

1. Ketersediaan air

Data ketersediaan air didapat dari hasil analisis kapasitas embung berdasar ketersediaan air. Ketersediaan air ini menunjukkan jumlah air yang masuk ke dalam embung dalam setengah bulan. Data ketersediaan air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.27 Data Ketersediaan Air

Bulan	Jumlah Hari	Ketersediaan Air
		(m ³)
Januari	15	51.724,05
	16	55.279,64
Februari	15	51.915,67
	13	44.861,78
Maret	15	51.705,89
	16	55.104,45
April	15	51.801,87
	15	51.492,70
Mei	15	51.420,24
	16	54.725,33
Juni	15	51.269,76
	15	51.269,76
Juli	15	51.269,76
	16	54.687,74
Agustus	15	51.269,76
	16	54.687,74
September	15	51.269,76
	15	51.269,76
Oktober	15	51.269,76
	16	54.688,02
November	15	51.674,71
	15	51.511,98

Lanjutan Tabel 5.27 Data Ketersediaan Air

Bulan	Jumlah Hari	Ketersediaan Air
		(m ³)
Desember	15	51.668,37
	16	55.308,87

2. Kebutuhan pengambilan untuk air irigasi

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

Tabel 5.28 Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	Jumlah Hari	NFR
			(l/det/ha)
Januari	I	15	0,35
	II	16	0
Februari	I	15	1,06
	II	13	0,99
Maret	I	15	0,63
	II	16	0,84
April	I	15	0,49
	II	15	0,59
Mei	I	15	0,37
	II	16	0,18
Juni	I	15	0,28
	II	15	0,42
Juli	I	15	0,55
	II	16	0,64
Agustus	I	15	0,84
	II	16	0,81
September	I	15	0
	II	15	0,23
Oktober	I	15	1,63
	II	16	1,63
November	I	15	0,82
	II	15	0,86
Desember	I	15	0,74
	II	16	0,57

3. Kebutuhan pengambilan untuk air baku

Kebutuhan air baku domestik sebesar 105 l/kapita/hari, kebutuhan air baku non domestik sebesar 20 l/kapita/hari, dan kehilangan air sebesar 30 l/kapita/hari.

Sehingga total kebutuhan air bakunya adalah 155 l/kapita/hari. Kebutuhan air baku dalam setahun dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Air baku}_{\text{januari II}} = \text{Jumlah hari} \times \frac{\text{Kebutuhan air baku total}}{1000} \times \text{Jumlah penduduk}$$

$$\text{Air baku}_{\text{januari II}} = 16 \times \frac{155}{1000} \times 33888$$

$$\text{Air baku}_{\text{januari II}} = 84042,24 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama untuk kebutuhan air baku pada setiap periode adalah sebagai berikut.

Tabel 5.29 Kebutuhan Air Baku

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku
			m ³
Januari	I	15	78.789,60
	II	16	84.042,24
Februari	I	15	78.789,60
	II	13	68.284,32
Maret	I	15	78.789,60
	II	16	84.042,24
April	I	15	78.789,60
	II	15	78.789,60
Mei	I	15	78.789,60
	II	16	84.042,24
Juni	I	15	78.789,60
	II	15	78.789,60
Juli	I	15	78.789,60
	II	16	84.042,24
Agustus	I	15	78.789,60
	II	16	84.042,24
September	I	15	78.789,60
	II	15	78.789,60
Oktober	I	15	78.789,60
	II	16	84.042,24
November	I	15	78.789,60
	II	15	78.789,60
Desember	I	15	78.789,60
	II	16	84.042,24

4. Evaporasi pada permukaan tampungan embung

Data evaporasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.30 Data Evaporasi

Bulan	Evaporasi (mm/15 hari)
Januari	58,77
	65,82
Februari	67,54
	51,21
Maret	66,20
	71,05
April	60,54
	62,16
Mei	67,53
	63,41
Juni	63,79
	60,13
Juli	57,97
	75,51
Agustus	75,30
	78,65
September	73,65
	75,80
Oktober	78,68
	76,61
November	59,79
	66,22
Desember	52,82
	61,56

Nilai evaporasi yang dipakai dalam perhitungan neraca air adalah evaporasi yang terjadi pada setiap periode dikali dengan luas permukaan embung yang terjadi pada setiap periode.

5. Resapan pada embung

Nilai resapan pada embung adalah sebesar 25% dari tampungan akhir yang terjadi. Nilai 25% ini diambil karena dasar dan dinding kolam embung bersifat semi lulus air.

Perhitungan neraca air dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut.

1. Menentukan n

Nilai n ditentukan berdasarkan urutan periode dalam satu tahun. Urutan nilai n dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.31 Penentuan Nilai n

Bulan	Jumlah Hari	Periode	n
Januari	16	II	1
Februari	15	I	2
	13	II	3
Maret	15	I	4
	16	II	5
April	15	I	6
	15	II	7
Mei	15	I	8
	16	II	9
Juni	15	I	10
	15	II	11
Juli	15	I	12
	16	II	13
Agustus	15	I	14
	16	II	15
September	15	I	16
	15	II	17
Oktober	15	I	18
	16	II	19
November	15	I	20
	15	II	21
Desember	15	I	22
	16	II	23
Januari	15	I	24

2. Menentukan *inflow* (I_n)

Inflow (I_n) ditentukan berdasarkan aliran yang akan masuk ke embung. Jumlah air yang akan mengisi embung berasal dari ketersediaan air. Namun total ketersediaan air dikurangi dengan evaporasi dan resapan yang terjadi pada tiap periode. Perhitungan *inflow* (I_n) dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

$$I_{n\text{Januari II}} = V_{\text{ketersediaan air januari II}} - \left(\frac{e_{\text{Januari II}}}{1000} \times A_{\text{embung}} \right) - \text{resapan}$$

$$I_{n\text{Januari II}} = 55279,64 - \left(\frac{0}{1000} \times 3781,29 \right) - 0$$

$I_{n\text{Januari II}} = 55279,64 \text{ m}^3$ (nilai evaporasi dan resapan pada Januari periode II bernilai 0 karena pada awal pengoperasian, tampungan embung belum terisi)

$$I_{n\text{Februari I}} = V_{\text{ketersediaan air februari I}} - \left(\frac{e_{\text{Februari I}}}{1000} \times A_{\text{embung}} \right) - \text{resapan}$$

$$I_{n\text{Februari I}} = 51915,67 - \left(\frac{67,54}{1000} \times 6960,21 \right) - 7970,34$$

$$I_{n\text{Februari I}} = 43657,40 \text{ m}^3$$

Ketersediaan air bulan berikutnya dicari dengan perhitungan yang sama seperti di atas, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 5.32 Nilai Inflow (I_n)

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Evaporasi	Resapan	Inflow (I_n)
			m^3	m^3	m^3
Januari	II	16	0,00	0,00	55.279,64
Februari	I	15	287,93	7.970,34	43.657,40
	II	13	218,31	1.005,25	43.638,21
Maret	I	15	282,22	1.005,25	50.418,42
	II	16	302,89	1.005,25	53.796,31
April	I	15	258,09	1.005,25	50.538,53
	II	15	264,99	1.005,25	50.222,45
Mei	I	15	287,89	1.005,25	50.127,10
	II	16	270,32	1.005,25	53.449,76
Juni	I	15	271,94	1.005,25	49.992,57
	II	15	256,34	1.005,25	50.008,17
Juli	I	15	247,13	1.005,25	50.017,38
	II	16	321,91	1.005,25	53.360,59
Agustus	I	15	321,01	1.005,25	49.943,50
	II	16	335,29	1.005,25	53.347,20
September	I	15	313,98	1.005,25	49.950,53
	II	15	323,14	1.005,25	49.941,37
Oktober	I	15	335,42	1.005,25	49.929,09
	II	16	326,60	1.005,25	53.356,18
November	I	15	254,89	1.005,25	50.414,56
	II	15	282,30	1.005,25	50.224,42
Desember	I	15	225,18	1.005,25	50.437,94
	II	16	262,44	1.005,25	54.041,19
Januari	I	15	283,43	1.005,25	50.435,37

3. Menentukan *outflow* (O_n)

Outflow (O_n) adalah aliran yang keluar dari embung, sehingga untuk nilai *outflow* (O_n) yaitu kebutuhan air irigasi (KAI) yang harus dilayani dalam luasan

sawah dan kebutuhan air baku pada setiap periode. Pada awal pengoperasian embung yaitu pada bulan Januari periode II nilai *outflow* adalah nol, karena embung hanya difungsikan untuk menampung air. Berikut ini adalah perhitungan nilai *outflow* (O_n) pada bulan Januari periode II dan Februari periode I.

$$O_{n\text{Januari II}} = \left(\frac{\text{NFR}_{\text{Januari II}}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \times A_{\text{sawah}} \right) + V_{\text{Air baku}}$$

$$O_{n\text{Januari II}} = \left(\frac{0}{1000} \times 16 \times 3600 \times 24 \times 24,82 \right) + 84042,24$$

$$O_{n\text{Januari II}} = 84042,24 \text{ m}^3 = 0 \text{ (Asumsi nol karena awal pengoperasian embung)}$$

$$O_{n\text{Februari I}} = \left(\frac{\text{NFR}_{\text{Februari I}}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \times A_{\text{sawah}} \right) + V_{\text{Air baku}}$$

$$O_{n\text{Februari I}} = \left(\frac{1,06}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24 \times 24,82 \right) + 78789,60$$

$$O_{n\text{Februari I}} = 112886,32 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka nilai *outflow* (O_n) dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.33 Nilai *Outflow* (O_n)

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Kebutuhan Air Baku (m ³)	<i>Outflow</i> (O_n) (m ³)
			(l/det/ha)	(m ³)		
Januari	II	16	0	0,00	84.042,24	0,00 (tahap pengisian belum beroperasi)
Februari	I	15	1,06	34.096,72	78.789,60	112.886,32
	II	13	0,99	27.599,05	68.284,32	95.883,37
Maret	I	15	0,63	20.265,03	78.789,60	99.054,63
	II	16	0,84	28.821,38	84.042,24	112.863,62
April	I	15	0,49	15.761,69	78.789,60	94.551,29
	II	15	0,59	18.978,36	78.789,60	97.767,96
Mei	I	15	0,37	11.901,69	78.789,60	90.691,29
	II	16	0,18	6.176,01	84.042,24	90.218,25
Juni	I	15	0,28	9.006,68	78.789,60	87.796,28
	II	15	0,42	13.510,02	78.789,60	92.299,62
Juli	I	15	0,55	17.691,70	78.789,60	96.481,30
	II	16	0,64	21.959,15	84.042,24	106.001,39
Agustus	I	15	0,84	27.020,04	78.789,60	105.809,64
	II	16	0,81	27.792,05	84.042,24	111.834,29
September	I	15	0	0,00	78.789,60	78.789,60

Lanjutan Tabel 5.33 Nilai *Outflow* (O_n)

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Kebutuhan Air Baku	<i>Outflow</i> (O_n)
			(l/det/ha)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
	II	15	0,23	7.398,35	78.789,60	86.187,95
Oktober	I	15	1,63	52.431,75	78.789,60	131.221,35
	II	16	1,63	55.927,20	84.042,24	139.969,44
November	I	15	0,82	26.376,71	78.789,60	105.166,31
	II	15	0,86	27.663,38	78.789,60	106.452,98
Desember	I	15	0,74	23.803,37	78.789,60	102.592,97
	II	16	0,57	19.557,37	84.042,24	103.599,61
Januari	I	15	0,35	11.258,35	78.789,60	90.047,95

4. Menentukan volume S_n

Volume S_n adalah volume tampungan awal periode ke n , sedangkan untuk periode selanjutnya nilai S_n diambil dari S_{n+1} terjadi periode sebelumnya. S_n bulan Januari periode II yaitu senilai 0 karena awal pengoperasian Embung Sendangtirto. Nilai S_{n+1} terjadi diambil dari hasil S_{n+1} yang tidak melebihi volume tampungan embung dan tidak kurang dari tampungan mati embung yaitu $4021 \text{ m}^3 \leq S_{n+1}$ terjadi $< 31881,34 \text{ m}^3$.

5. Menentukan volume S_{n+1}

S_{n+1} adalah volume tampungan awal periode ke $n+1$, artinya jika S_n adalah bulan Januari periode II maka S_{n+1} adalah Februari periode I dan selanjutnya mengikuti penentuan n pada **Tabel 5.31**. Cara untuk mendapatkan nilai S_{n+1} dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = I - O$$

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = 55279,64 - 0$$

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = 55279,64 \text{ m}^3$$

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

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

Jikan $S_{n+1} >$ kapasitas embung, maka air akan melimpas, kebutuhan air terpenuhi dan S_{n+1} terjadi adalah sama dengan kapasitas embung yaitu $31881,34 \text{ m}^3$.

Dari perhitungan nilai S_{n+1} pada bulan Januari periode II di atas diperoleh hasil volume sebesar $55279,64 \text{ m}^3$. Karena nilai tersebut lebih dari nilai kapasitas

embung, maka airnya akan melimpas dan nilai S_{n+1} terjadi adalah $31881,34 \text{ m}^3$. Perhitungan S_{n+1} bulan Februari periode I dapat dilihat sebagai berikut.

$$S_{n+1 \text{ Februari I}} = S_n + I - O$$

$$S_{n+1 \text{ Februari I}} = 31881,34 + 43657,40 - 112886,32$$

$$S_{n+1 \text{ Februari II}} = -37347,58 \text{ m}^3$$

Pada bulan Januari periode II diperoleh nilai $S_{n+1} <$ tampungan mati, maka air tidak melimpas dan kebutuhan air pada bulan Januari periode II tidak terpenuhi. Perhitungan dilakukan dengan cara yang sama dari Januari periode I sampai Desember periode II.

6. Mencari *outflow* terjadi (O_n terjadi)

Nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) bisa lebih kecil atau sama dengan *outflow* rencana (O_n). Jika S_{n+1} bernilai kurang dari tampungan mati maka *outflow* terjadi lebih kecil dari *outflow* (O_n). Nilai *outflow* (O_n) diambil dari jumlah kebutuhan air baku dan air irigasi. Pada bulan Februari periode I nilai S_{n+1} adalah $-37347,58 \text{ m}^3$, artinya ketersediaan air tidak mampu memenuhi *outflow* (O_n) rencana, maka *outflow* yang dikeluarkan secara nyata harus diperkecil agar S_{n+1} terjadi tidak bernilai negatif. Nilai *outflow* terjadi pada bulan Februari periode I diambil dari jumlah S_n dengan *inflow* (I_n) dikurangi tampungan mati dengan nilai sebesar $71517,74 \text{ m}^3$, sehingga S_{n+1} terjadi adalah 4021 m^3 yaitu tampungan mati pada embung.

7. Tingkat Keandalan (TK)

Tingkat keandalan embung akan berkurang jika *outflow* terjadi (O_n terjadi) lebih kecil daripada *outflow* (O_n). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada contoh perhitungan tingkat keandalan pada bulan Januari periode II berikut ini.

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

$$TK_{\text{Februari I}} = \frac{71517,74}{112886,32} \times 100\%$$

$$TK_{\text{Februari I}} = 63,4\%$$

Dari perhitungan diatas dapat diartikan tingkat keandalan embung pada bulan Februari periode I adalah 63,4%. Tingkat keandalan untuk bulan dan periode

selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.



Tabel 5.34 Rekapitulasi Necara Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Pelayanan Air Baku dan Irigasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Sn	Ketersediaan Air	Kebutuhan Air Baku	Kebutuhan Air Irigasi			Evaporasi	Resapan	Inflow	Outflow	Sn+1	Keterangan	Keterangan	Sn+1 Terjadi	Elevasi Muka Air	Outflow Terjadi	Keandalan
				m ³	m ³	m ³	(l/det/ha)	(m ³ /ha)	(m ³)	m ³			m ³	m	m ³	%				
1	Jan	II	16	0,00	55.279,64	84.042,24	0	0	0,00	0,00	0,00	55.279,64	0,00	55.279,64	Melimpas	-	31.881,34	123,65	0,00	-
2	Feb	I	15	31.881,34	51.915,67	78.789,60	1,06	1373,76	34.096,72	287,93	7.970,34	43.657,40	112.886,32	-37.347,58	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	129,65	71.517,74	63,4%
3		II	13	4.021,00	44.861,78	68.284,32	0,99	1111,968	27.599,05	218,31	1.005,25	43.638,21	95.883,37	-48.224,15	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	43.638,21	45,5%
4	Mar	I	15	4.021,00	51.705,89	78.789,60	0,63	816,48	20.265,03	282,22	1.005,25	50.418,42	99.054,63	-44.615,21	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.418,42	50,9%
5		II	16	4.021,00	55.104,45	84.042,24	0,84	1161,216	28.821,38	302,89	1.005,25	53.796,31	112.863,62	-55.046,31	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	53.796,31	47,7%
6	Apr	I	15	4.021,00	51.801,87	78.789,60	0,49	635,04	15.761,69	258,09	1.005,25	50.538,53	94.551,29	-39.991,76	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.538,53	53,5%
7		II	15	4.021,00	51.492,70	78.789,60	0,59	764,64	18.978,36	264,99	1.005,25	50.222,45	97.767,96	-43.524,51	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.222,45	51,4%
8	Mei	I	15	4.021,00	51.420,24	78.789,60	0,37	479,52	11.901,69	287,89	1.005,25	50.127,10	90.691,29	-36.543,18	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.127,10	55,3%
9		II	16	4.021,00	54.725,33	84.042,24	0,18	248,832	6.176,01	270,32	1.005,25	53.449,76	90.218,25	-32.747,49	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	53.449,76	59,2%
10	Jun	I	15	4.021,00	51.269,76	78.789,60	0,28	362,88	9.006,68	271,94	1.005,25	49.992,57	87.796,28	-33.782,72	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	49.992,57	56,9%
11		II	15	4.021,00	51.269,76	78.789,60	0,42	544,32	13.510,02	256,34	1.005,25	50.008,17	92.299,62	-38.270,45	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.008,17	54,2%
12	Jul	I	15	4.021,00	51.269,76	78.789,60	0,55	712,8	17.691,70	247,13	1.005,25	50.017,38	96.481,30	-42.442,92	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.017,38	51,8%
13		II	16	4.021,00	54.687,74	84.042,24	0,64	884,736	21.959,15	321,91	1.005,25	53.360,59	106.001,39	-48.619,80	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	53.360,59	50,3%
14	Agt	I	15	4.021,00	51.269,76	78.789,60	0,84	1088,64	27.020,04	321,01	1.005,25	49.943,50	105.809,64	-51.845,15	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	49.943,50	47,2%
15		II	16	4.021,00	54.687,74	84.042,24	0,81	1119,744	27.792,05	335,29	1.005,25	53.347,20	111.834,29	-54.466,09	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	53.347,20	47,7%
16	Sep	I	15	4.021,00	51.269,76	78.789,60	0	0	0,00	313,98	1.005,25	49.950,53	78.789,60	-24.818,07	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	49.950,53	63,4%
17		II	15	4.021,00	51.269,76	78.789,60	0,23	298,08	7.398,35	323,14	1.005,25	49.941,37	86.187,95	-32.225,58	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	49.941,37	57,9%
18	Okt	I	15	4.021,00	51.269,76	78.789,60	1,63	2112,48	52.431,75	335,42	1.005,25	49.929,09	131.221,35	-77.271,27	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	49.929,09	38,0%
19		II	16	4.021,00	54.688,02	84.042,24	1,63	2253,312	55.927,20	326,60	1.005,25	53.356,18	139.969,44	-82.592,27	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	53.356,18	38,1%
20	Nov	I	15	4.021,00	51.674,71	78.789,60	0,82	1062,72	26.376,71	254,89	1.005,25	50.414,56	105.166,31	-50.730,75	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.414,56	47,9%
21		II	15	4.021,00	51.511,98	78.789,60	0,86	1114,56	27.663,38	282,30	1.005,25	50.224,42	106.452,98	-52.207,56	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.224,42	47,2%
22	Des	I	15	4.021,00	51.668,37	78.789,60	0,74	959,04	23.803,37	225,18	1.005,25	50.437,94	102.592,97	-48.134,03	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.437,94	49,2%
23		II	16	4.021,00	55.308,87	84.042,24	0,57	787,968	19.557,37	262,44	1.005,25	54.041,19	103.599,61	-45.537,42	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	54.041,19	52,2%
24	Jan	I	15	4.021,00	51.724,05	78.789,60	0,35	453,6	11.258,35	283,43	1.005,25	50.435,37	90.047,95	-35.591,58	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	54.456,37	60,5%

5.10.3 Neraca Air dan Tingkat Keandalan Embung Untuk Optimasi

Pada **Tabel 5.34** menunjukkan bahwa terdapat nilai tingkat keandalan yang kurang dari 50% yang artinya lebih dari setengah jumlah *outflow* (O_n) yang tidak terpenuhi. Oleh karena itu, jumlah penduduk pada simulasi neraca air ini dicoba dengan 14000 jiwa saja agar ketersediaan air yang ada dapat dioptimalkan. Namun sebelum dapat menghitung neraca air dan tingkat keandalan, perlu dihitung kembali dalam, kebutuhan air baku, analisis kapasitas embung berdasar kebutuhan air, dan kapasitas embung yang dipakai.

1. Kebutuhan air baku

Kriteria penentuan kebutuhan air (Q_u) ditentukan berdasarkan jumlah penduduk pada daerah tersebut. Jika jumlah penduduk (J_p) adalah 14000 jiwa, maka kebutuhan air (Q_u) menurut **Tabel 3.2** adalah 82,5 l/kapita/hari untuk kebutuhan domestik, 10 l/kapita/hari untuk kebutuhan non domestik, dan 24 l/kapita/hari untuk kehilangan air. Jumlah musim kemarau yang terjadi perlu diperhitungkan sebagai (J_h) dalam perhitungan kebutuhan air baku. Berikut ini adalah cara menghitung kebutuhan air baku.

$$V_{u\text{Domestik}} = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$V_{u\text{Domestik}} = 150 \times 14000 \times 82,5$$

$$V_{u\text{Domestik}} = 173250000 \text{ l} = 173250 \text{ m}^3$$

$$V_{u\text{Non Domestik}} = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$V_{u\text{Non Domestik}} = 150 \times 14000 \times 10$$

$$V_{u\text{Non Domestik}} = 21000000 \text{ l} = 21000 \text{ m}^3$$

$$V_{u\text{Kehilangan Air}} = J_h \times J_p \times Q_u$$

$$V_{u\text{Kehilangan Air}} = 150 \times 14000 \times 24$$

$$V_{u\text{Kehilangan Air}} = 50400000 \text{ l} = 50400 \text{ m}^3$$

$$V_{u\text{Air baku total}} = V_{u\text{Domestik}} + V_{u\text{Non Domestik}} + V_{u\text{Kehilangan Air}}$$

$$V_{u\text{Air baku total}} = 173250 + 21000 + 50400$$

$$V_{u\text{Air baku total}} = 244650 \text{ m}^3$$

Kebutuhan air baku dari perhitungan di atas yang akan dipakai untuk analisis kapasitas embung adalah sebesar 244650 m³.

2. Analisis kapasitas embung berdasar kebutuhan air

Perhitungan kapasitas embung berdasar kebutuhan air ditentukan menurut jumlah V_u total antara kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku. Kebutuhan air irigasi yang dipakai adalah sama dengan hasil yang sudah didapat pada subab 5.5 yaitu sebesar 232736,9414 m³. Langkah yang dilakukan pada analisis ini masih sama, namun hanya kebutuhan air bakunya saja yang ditunjukkan hanya untuk jumlah penduduk sebesar 14000 jiwa. Berikut ini langkah dalam analisis kapasitas embung berdasar kebutuhan air.

a. Volume tampungan hidup untuk melayani kebutuhan air irigasi ($V_{u \text{ irigasi}}$)

Kebutuhan air baku untuk jumlah penduduk 14000 jiwa adalah 244650 m³, sedangkan kebutuhan air irigasi (KAI) sebesar 232736,9414 m³ dengan luas sawah 24,82 ha, sehingga nilai $V_{u \text{ baku+irigasi}}$ adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_{u \text{ baku+irigasi}} &= V_{u \text{ baku}} + V_{u \text{ irigasi}} \\ V_{u \text{ baku+irigasi}} &= 244650 + 232736,9414 \\ V_{u \text{ baku+irigasi}} &= 477386,9414 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

b. Ruang yang disediakan untuk sedimen (V_s)

$$\begin{aligned} V_s &= 5\% \times V_{u \text{ baku+irigasi}} \\ V_s &= 5\% \times 477386,9414 \\ V_s &= 23869,3471 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Volume air yang merembes (V_i)

$$\begin{aligned} V_i &= 25\% \times V_{u \text{ baku+irigasi}} \\ V_i &= 25\% \times 477386,9414 \\ V_i &= 119346,7354 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

d. Volume air yang menguap (V_e)

Evaporasi rerata yang terjadi selama setahun sebesar 66,48 mm. Luas permukaan Embung Sendangtirto adalah 6960,21 m².

$$V_e = A_{\text{embung}} \times \frac{e_{\text{rerata}}}{1000}$$

$$V_e = 6960,21 \times \frac{66,48}{1000}$$

$$V_e = 462,7468 \text{ m}^3$$

e. Kapasitas embung berdasar kebutuhan air

$$V_n = V_{u \text{ baku+irigasi}} + V_s + V_i + V_e$$

$$V_n = 477386,9414 + 23869,3471 + 119346,7354 + 462,7468$$

$$V_n = 621065,7707 \text{ m}^3$$

Dari hasil perhitungan di atas, kapasitas embung berdasar kebutuhan air adalah 621065,7707 m³.

3. Kapasitas embung

Penentuan kapasitas embung yang dipakai adalah kapasitas terkecil dari hasil perhitungan analisis kapasitas berdasar ketersediaan (V_h), analisis kapasitas berdasar kebutuhan (V_n), dan analisis kapasitas berdasar topografi (V_p). Nilai V_n adalah 621065,7707 m³ yang diambil dari perhitungan analisis kapasitas berdasar kebutuhan air irigasi dan air baku dengan jumlah penduduk 14000 jiwa. Sedangkan untuk nilai V_h dan V_p sama dengan hasil perhitungan sebelumnya yang secara berurutan nilainya adalah 1253147,36 m³ dan 31881,340 m³. Sehingga kapasitas embung yang dipakai adalah nilai dari V_p yaitu sebesar 31881,340 m³ karena memiliki nilai terkecil diantara dua analisis lainnya.

4. Neraca air dan tingkat keandalan

Setelah didapat kapasitas embung, kemudian dilakukan simulasi neraca air untuk mengetahui aliran yang masuk, aliran yang tertampung, dan aliran yang keluar pada embung. Simulasi neraca air dilakukan dengan langkah yang sama pada anak subab sebelumnya, namun untuk jumlah penduduk pada simulasi ini adalah 14000 jiwa saja. Berikut ini adalah langkah dalam simulasi neraca air.

a. Ketersediaan air

Data ketersediaan air didapat dari hasil analisis kapasitas embung berdasar ketersediaan air. Ketersediaan air ini menunjukkan jumlah air yang masuk ke dalam embung pada setiap periode selama setahun. Data ketersediaan air dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.35 Data Ketersediaan Air

Bulan	Jumlah Hari	Ketersediaan Air
		(m ³)
Januari	15	51.724,05
	16	55.279,64
Februari	15	51.915,67
	13	44.861,78
Maret	15	51.705,89
	16	55.104,45
April	15	51.801,87
	15	51.492,70
Mei	15	51.420,24
	16	54.725,33
Juni	15	51.269,76
	15	51.269,76
Juli	15	51.269,76
	16	54.687,74
Agustus	15	51.269,76
	16	54.687,74
September	15	51.269,76
	15	51.269,76
Oktober	15	51.269,76
	16	54.688,02
November	15	51.674,71
	15	51.511,98
Desember	15	51.668,37
	16	55.308,87

b. Kebutuhan pengambilan untuk air irigasi

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

Tabel 5.36 Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	Jumlah Hari	NFR
			(l/det/ha)
Januari	I	15	0,35
	II	16	0
Februari	I	15	1,06
	II	13	0,99
Maret	I	15	0,63
	II	16	0,84
April	I	15	0,49

Lanjutan Tabel 5.36 Kebutuhan Air Irigasi

Bulan	Periode	Jumlah Hari	NFR
			(l/det/ha)
Mei	I	15	0,37
	II	16	0,18
Juni	I	15	0,28
	II	15	0,42
Juli	I	15	0,55
	II	16	0,64
Agustus	I	15	0,84
	II	16	0,81
September	I	15	0
	II	15	0,23
Oktober	I	15	1,63
	II	16	1,63
November	I	15	0,82
	II	15	0,86
Desember	I	15	0,74
	II	16	0,57

c. Kebutuhan pengambilan untuk air baku

Kebutuhan air baku domestik sebesar 82,5 l/kapita/hari, kebutuhan air baku non domestik sebesar 10 l/kapita/hari, dan kehilangan air sebesar 24 l/kapita/hari. Sehingga total kebutuhan air bakunya adalah 116,5 l/kapita/hari. Kebutuhan air baku dalam setahun dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Air baku}_{\text{januari I}} = \text{Jumlah hari} \times \frac{\text{Kebutuhan air baku total}}{1000} \times \text{Jumlah penduduk}$$

$$\text{Air baku}_{\text{januari I}} = 15 \times \frac{116,5}{1000} \times 14000$$

$$\text{Air baku}_{\text{januari I}} = 24465,00 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama untuk kebutuhan air baku pada setiap periode adalah sebagai berikut.

Tabel 5.37 Kebutuhan Air Baku

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku
			m ³
Januari	I	15	24.465,00

Lanjutan Tabel 5.37 Kebutuhan Air Baku

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Baku
			m ³
	II	16	26.096,00
Februari	I	15	24.465,00
	II	13	21.203,00
Maret	I	15	24.465,00
	II	16	26.096,00
April	I	15	24.465,00
	II	15	24.465,00
Mei	I	15	24.465,00
	II	16	26.096,00
Juni	I	15	24.465,00
	II	15	24.465,00
Juli	I	15	24.465,00
	II	16	26.096,00
Agustus	I	15	24.465,00
	II	16	26.096,00
September	I	15	24.465,00
	II	15	24.465,00
Oktober	I	15	24.465,00
	II	16	26.096,00
November	I	15	24.465,00
	II	15	24.465,00
Desember	I	15	24.465,00
	II	16	26.096,00

d. Evaporasi pada permukaan tampungan embung

Data evaporasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.38 Data Evaporasi

Bulan	Evaporasi (mm/15 hari)
Januari	58,77
	65,82
Februari	67,54
	51,21
Maret	66,20
	71,05
April	60,54
	62,16
Mei	67,53

Lanjutan Tabel 5.38 Data Evaporasi

Bulan	Evaporasi (mm/15 hari)
	63,41
Juni	63,79
	60,13
Juli	57,97
	75,51
Agustus	75,30
	78,65
September	73,65
	75,80
Oktober	78,68
	76,61
November	59,79
	66,22
Desember	52,82
	61,56

Nilai evaporasi yang dipakai dalam perhitungan neraca air adalah evaporasi yang terjadi pada setiap periode dikali dengan luas permukaan embung yang terjadi pada setiap periode.

e. Resapan pada embung

Nilai resapan pada embung adalah sebesar 25% dari tampungan akhir yang terjadi. Nilai 25% ini diambil karena dasar dan dinding kolam embung bersifat semi lulus air.

Perhitungan neraca air dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut.

a. Menentukan n

Nilai n ditentukan berdasarkan urutan periode dalam satu tahun. Urutan nilai n dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.39 Penentuan Nilai n

Bulan	Jumlah Hari	Periode	n
Januari	16	II	1
Februari	15	I	2
	13	II	3
Maret	15	I	4
	16	II	5
April	15	I	6
	15	II	7
Mei	15	I	8

Lanjutan Tabel 5.39 Penentuan Nilai n

Bulan	Jumlah Hari	Periode	n
	16	II	9
Juni	15	I	10
	15	II	11
Juli	15	I	12
	16	II	13
Agustus	15	I	14
	16	II	15
September	15	I	16
	15	II	17
Oktober	15	I	18
	16	II	19
November	15	I	20
	15	II	21
Desember	15	I	22
	16	II	23
Januari	15	I	24

b. Menentukan *inflow* (I_n)

Inflow (I_n) ditentukan berdasarkan aliran yang akan masuk ke embung. Jumlah air yang akan mengisi embung berasal dari ketersediaan air. Namun total ketersediaan air dikurangi dengan evaporasi dan resapan yang terjadi pada tiap periode. Perhitungan *inflow* (I_n) dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

$$I_{n\text{Januari II}} = V_{\text{ketersediaan air januari II}} - \left(\frac{e_{\text{Januari II}}}{1000} \times A_{\text{embung}} \right) - \text{resapan}$$

$$I_{n\text{Januari II}} = 55279,64 - \left(\frac{0}{1000} \times 3781,29 \right) - 0$$

$I_{n\text{Januari II}} = 55279,64 \text{ m}^3$ (nilai evaporasi dan resapan pada Januari periode II bernilai 0 karena pada awal pengoperasian, tampungan embung belum terisi)

$$I_{n\text{Februari I}} = V_{\text{ketersediaan air februari I}} - \left(\frac{e_{\text{Februari I}}}{1000} \times A_{\text{embung}} \right) - \text{resapan}$$

$$I_{n\text{Februari I}} = 51915,67 - \left(\frac{67,54}{1000} \times 6960,21 \right) - 7970,34$$

$$I_{n\text{Januari II}} = 43475,24 \text{ m}^3$$

Ketersediaan air bulan berikutnya dicari dengan perhitungan yang sama seperti di atas, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 5.40 Nilai *Inflow* (I_n)

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Evaporasi	Resapan	<i>Inflow</i> (I_n)
			m^3	m^3	m^3
Januari	II	16	0,00	0,00	55.279,64
Februari	I	15	470,09	7.970,34	43.475,24
	II	13	287,37	4.198,71	40.375,69
Maret	I	15	313,71	2.092,13	49.300,05
	II	16	389,26	3.234,63	51.480,57
April	I	15	293,10	2.375,43	49.133,34
	II	15	358,62	4.602,09	46.531,98
Mei	I	15	408,99	5.374,24	45.637,01
	II	16	433,96	7.691,82	46.599,55
Juni	I	15	443,99	7.970,34	42.855,43
	II	15	418,52	7.970,34	42.880,91
Juli	I	15	403,48	7.970,34	42.895,94
	II	16	525,57	7.970,34	46.191,84
Agustus	I	15	511,82	7.504,51	43.253,43
	II	16	478,08	5.446,61	48.763,06
September	I	15	412,49	4.165,36	46.691,91
	II	15	527,58	7.970,34	42.771,84
Oktober	I	15	547,63	7.970,34	42.751,80
	II	16	326,60	1.005,25	53.356,18
November	I	15	254,89	1.005,25	50.414,56
	II	15	282,30	1.005,25	50.224,42
Desember	I	15	225,18	1.005,25	50.437,94
	II	16	276,49	1.547,64	53.484,74
Januari	I	15	353,46	3.505,49	47.865,11

c. Menentukan *outflow* (O_n)

Outflow (O_n) adalah aliran yang keluar dari embung, sehingga untuk nilai *outflow* (O_n) yaitu kebutuhan air irigasi (KAI) dan kebutuhan air baku yang harus dilayani dalam luasan sawah pada setiap periode. Pada awal pengoperasian embung yaitu pada bulan Januari periode II nilai *outflow* adalah nol, karena embung hanya difungsikan untuk menampung air. Berikut ini adalah perhitungan nilai *outflow* (O_n) pada bulan januari periode II dan februari periode I.

$$O_{n\text{Januari II}} = \left(\frac{NFR_{\text{Januari II}}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \times A_{\text{sawah}} \right) + V_{\text{Air baku}}$$

$$O_{n\text{Januari II}} = \left(\frac{0}{1000} \times 16 \times 3600 \times 24 \times 24,82 \right) + 26096$$

$$O_{n\text{Januari II}} = 26096 \text{ m}^3 = 0 \text{ (Dijadikan nol karena awal pengoperasian embung)}$$

$$O_{n\text{Februari I}} = \left(\frac{\text{NFR}_{\text{Februari I}}}{1000} \times \text{Jumlah hari} \times 3600 \times 24 \times A_{\text{sawah}} \right) + V_{\text{Air baku}}$$

$$O_{n\text{Februari I}} = \left(\frac{1,06}{1000} \times 15 \times 3600 \times 24 \times 24,82 \right) + 24465$$

$$O_{n\text{Februari I}} = 58561,72 \text{ m}^3$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka nilai *outflow* (O_n) dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 5.41 Nilai *Outflow* (O_n)

Bulan	Periode	Jumlah Hari	Kebutuhan Air Irigasi		Kebutuhan Air Baku	<i>Outflow</i> (O_n)
			(l/det/ha)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
Januari	II	16	0	0	26.096,00	0,00
Februari	I	15	1,06	34.096,72	24.465,00	58.561,72
	II	13	0,99	27.599,05	21.203,00	48.802,05
Maret	I	15	0,63	20.265,03	24.465,00	44.730,03
	II	16	0,84	28.821,38	26.096,00	54.917,38
April	I	15	0,49	15.761,69	24.465,00	40.226,69
	II	15	0,59	18.978,36	24.465,00	43.443,36
Mei	I	15	0,37	11.901,69	24.465,00	36.366,69
	II	16	0,18	6.176,01	26.096,00	32.272,01
Juni	I	15	0,28	9.006,68	24.465,00	33.471,68
	II	15	0,42	13.510,02	24.465,00	37.975,02
Juli	I	15	0,55	17.691,70	24.465,00	42.156,70
	II	16	0,64	21.959,15	26.096,00	48.055,15
Agustus	I	15	0,84	27.020,04	24.465,00	51.485,04
	II	16	0,81	27.792,05	26.096,00	53.888,05
September	I	15	0	0	24.465,00	24.465,00
	II	15	0,23	7.398,35	24.465,00	31.863,35
Oktober	I	15	1,63	52.431,75	24.465,00	76.896,75
	II	16	1,63	55.927,20	26.096,00	82.023,20
November	I	15	0,82	26.376,71	24.465,00	50.841,71
	II	15	0,86	27.663,38	24.465,00	52.128,38
Desember	I	15	0,74	23.803,37	24.465,00	48.268,37
	II	16	0,57	19.557,37	26.096,00	45.653,37
Januari	I	15	0,35	11.258,35	24.465,00	35.723,35

d. Menentukan volume S_n

Volume S_n adalah volume tampungan awal periode ke n , sedangkan untuk periode selanjutnya nilai S_n diambil dari S_{n+1} terjadi periode sebelumnya. S_n bulan Januari periode II yaitu senilai 0 karena awal pengoperasian Embung

Sendangtirto. Nilai S_{n+1} terjadi diambil dari hasil S_{n+1} yang tidak melebihi volume tampungan embung dan tidak kurang dari tampungan mati embung yaitu $4021 \text{ m}^3 \leq S_{n+1} \text{ terjadi} < 31881,34 \text{ m}^3$.

e. Menentukan volume S_{n+1}

S_{n+1} adalah volume tampungan awal periode ke $n+1$, artinya jika S_n adalah bulan Januari periode II maka S_{n+1} adalah Februari periode I dan selanjutnya mengikuti penentuan n pada **Tabel 5.39**. Cara untuk mendapatkan nilai S_{n+1} dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = I_n - O_n$$

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = 55279,64 - 0$$

$$S_{n+1} \text{ Januari II} = 55279,64 \text{ m}^3$$

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

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

Jikan $S_{n+1} >$ kapasitas embung, maka air akan melimpas, kebutuhan air terpenuhi dan S_{n+1} terjadi adalah sama dengan kapasitas embung yaitu $31881,34 \text{ m}^3$.

Dari perhitungan nilai S_{n+1} pada bulan Januari periode II di atas diperoleh hasil volume sebesar $55279,64 \text{ m}^3$. Karena nilai tersebut lebih dari nilai kapasitas embung, maka airnya akan melimpas dan nilai S_{n+1} terjadi adalah $31881,34 \text{ m}^3$. Embung pada bulan Januari periode II dianggap belum terisi, maka nilai S_n pada bulan Januari periode II adalah 0. Sehingga untuk perhitungan S_{n+1} bulan Februari periode I dapat dilihat sebagai berikut.

$$S_{n+1} \text{ Februari I} = S_n + I_n - O_n$$

$$S_{n+1} \text{ Februari I} = 31881,34 + 43.475,24 - 58.561,72$$

$$S_{n+1} \text{ Februari I} = 16794,86 \text{ m}^3$$

Pada bulan Februari periode I diperoleh nilai $S_{n+1} <$ kapasitas embung, maka nilai S_{n+1} terjadi adalah hasil S_{n+1} yaitu $16794,86 \text{ m}^3$. Perhitungan dilakukan dengan cara yang sama dari Januari periode I sampai Desember periode II, sehingga akan didapat hasil sebagai berikut.

f. Mencari *outflow* terjadi (O_n terjadi)

Nilai *outflow* terjadi (O_n terjadi) bisa lebih kecil atau sama dengan *outflow* rencana (O_n). Jika S_{n+1} bernilai kurang dari tampungan mati maka *outflow* terjadi lebih kecil dari *outflow* (O_n). Nilai *outflow* (O_n) diambil dari jumlah kebutuhan air baku dan air irigasi.

g. Tingkat Keandalan (TK)

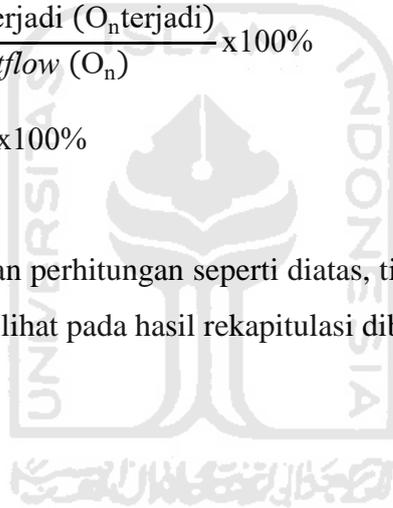
Setelah *outflow* terjadi (O_n terjadi) didapat, selanjutnya adalah perhitungan tingkat keandalan embung. Perhitungan tingkat keandalan embung adalah sebagai berikut.

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

$$TK_{\text{Februari I}} = \frac{58561,72}{58561,72} \times 100\%$$

$$TK_{\text{Februari I}} = 100 \%$$

Dengan menggunakan perhitungan seperti diatas, tingkat keandalan embung selama setahun dapat dilihat pada hasil rekapitulasi dibawah ini.



Tabel 5.42 Rekapitulasi Neraca Air Embung Untuk Optimasi

No	Bulan	Periode	Jumlah Hari	Sn	Ketersediaan Air	Kebutuhan Air Baku	Kebutuhan Air Irigasi			Evaporasi	Resapan	Inflow	Outflow	Sn+1	Keterangan	Keterangan	Sn+1 Terjadi	Elevasi Muka Air	Outflow Terjadi	Keandalan
				m ³	m ³	m ³	(l/det/ha)	(m ³ /ha)	(m ³)	m ³			m ³	m	m ³	%				
1	Jan	II	16	0,00	55.279,64	26.096,00	0	0	0,00	0,00	0,00	55.279,64	0,00	55.279,64	Melimpas	-	31.881,34	123,65	0,00	-
2	Feb	I	15	31.881,34	51.915,67	24.465,00	1,06	1373,76	34.096,72	470,09	7.970,34	43.475,24	58.561,72	16.794,86	TidakMelimpas	Terpenuhi	16.794,86	129,65	58.561,72	100,0%
3		II	13	16.794,86	44.861,78	21.203,00	0,99	1111,968	27.599,05	287,37	4.198,71	40.375,69	48.802,05	8.368,51	TidakMelimpas	Terpenuhi	8.368,51	127,26	48.802,05	100,0%
4	Mar	I	15	8.368,51	51.705,89	24.465,00	0,63	816,48	20.265,03	313,71	2.092,13	49.300,05	44.730,03	12.938,52	TidakMelimpas	Terpenuhi	12.938,52	125,60	44.730,03	100,0%
5		II	16	12.938,52	55.104,45	26.096,00	0,84	1161,216	28.821,38	389,26	3.234,63	51.480,57	54.917,38	9.501,71	TidakMelimpas	Terpenuhi	9.501,71	126,52	54.917,38	100,0%
6	Apr	I	15	9.501,71	51.801,87	24.465,00	0,49	635,04	15.761,69	293,10	2.375,43	49.133,34	40.226,69	18.408,35	TidakMelimpas	Terpenuhi	18.408,35	125,80	40.226,69	100,0%
7		II	15	18.408,35	51.492,70	24.465,00	0,59	764,64	18.978,36	358,62	4.602,09	46.531,98	43.443,36	21.496,97	TidakMelimpas	Terpenuhi	21.496,97	127,55	43.443,36	100,0%
8	Mei	I	15	21.496,97	51.420,24	24.465,00	0,37	479,52	11.901,69	408,99	5.374,24	45.637,01	36.366,69	30.767,29	TidakMelimpas	Terpenuhi	30.767,29	128,07	36.366,69	100,0%
9		II	16	30.767,29	54.725,33	26.096,00	0,18	248,832	6.176,01	433,96	7.691,82	46.599,55	32.272,01	45.094,83	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,45	32.272,01	100,0%
10	Jun	I	15	31.881,34	51.269,76	24.465,00	0,28	362,88	9.006,68	443,99	7.970,34	42.855,43	33.471,68	41.265,09	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	33.471,68	100,0%
11		II	15	31.881,34	51.269,76	24.465,00	0,42	544,32	13.510,02	418,52	7.970,34	42.880,91	37.975,02	36.787,23	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	37.975,02	100,0%
12	Jul	I	15	31.881,34	51.269,76	24.465,00	0,55	712,8	17.691,70	403,48	7.970,34	42.895,94	42.156,70	32.620,59	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	42.156,70	100,0%
13		II	16	31.881,34	54.687,74	26.096,00	0,64	884,736	21.959,15	525,57	7.970,34	46.191,84	48.055,15	30.018,04	TidakMelimpas	Terpenuhi	30.018,04	129,65	48.055,15	100,0%
14	Agt	I	15	30.018,04	51.269,76	24.465,00	0,84	1088,64	27.020,04	511,82	7.504,51	43.253,43	51.485,04	21.786,42	TidakMelimpas	Terpenuhi	21.786,42	129,37	51.485,04	100,0%
15		II	16	21.786,42	54.687,74	26.096,00	0,81	1119,744	27.792,05	478,08	5.446,61	48.763,06	53.888,05	16.661,44	TidakMelimpas	Terpenuhi	16.661,44	128,11	53.888,05	100,0%
16	Sep	I	15	16.661,44	51.269,76	24.465,00	0	0	0,00	412,49	4.165,36	46.691,91	24.465,00	38.888,35	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	127,24	24.465,00	100,0%
17		II	15	31.881,34	51.269,76	24.465,00	0,23	298,08	7.398,35	527,58	7.970,34	42.771,84	31.863,35	42.789,84	Melimpas	Terpenuhi	31.881,34	129,65	31.863,35	100,0%
18	Okt	I	15	31.881,34	51.269,76	24.465,00	1,63	2112,48	52.431,75	547,63	7.970,34	42.751,80	76.896,75	-2.263,62	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	129,65	70.612,14	91,8%
19		II	16	4.021,00	54.688,02	26.096,00	1,63	2253,312	55.927,20	326,60	1.005,25	53.356,18	82.023,20	-24.646,03	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	53.356,18	65,1%
20	Nov	I	15	4.021,00	51.674,71	24.465,00	0,82	1062,72	26.376,71	254,89	1.005,25	50.414,56	50.841,71	3.593,85	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.414,56	99,2%
21		II	15	4.021,00	51.511,98	24.465,00	0,86	1114,56	27.663,38	282,30	1.005,25	50.224,42	52.128,38	2.117,04	TidakMelimpas	Tidak Terpenuhi	4.021,00	124,65	50.224,42	96,3%
22	Des	I	15	4.021,00	51.668,37	24.465,00	0,74	959,04	23.803,37	225,18	1.005,25	50.437,94	48.268,37	6.190,57	TidakMelimpas	Terpenuhi	6.190,57	124,65	48.268,37	100,0%
23		II	16	6.190,57	55.308,87	26.096,00	0,57	787,968	19.557,37	276,49	1.547,64	53.484,74	45.653,37	14.021,95	TidakMelimpas	Terpenuhi	14.021,95	125,11	45.653,37	100,0%
24	Jan	I	15	14.021,95	51.724,05	24.465,00	0,35	453,6	11.258,35	353,46	3.505,49	47.865,11	35.723,35	26.163,70	TidakMelimpas	Terpenuhi	26.163,70	126,71	35.723,35	100,0%

5.11 Pembahasan

Ketersediaan air diperoleh dari mata air dan hujan yang jatuh di atas tampungan Embung Sendangtirto. Tipe Embung Sendangtirto berdasarkan letak terhadap aliran air adalah *off stream*, walaupun terdapat saluran yang mengalirkan limpasan permukaan masuk ke dalam embung, namun luas daerah tangkapan hujannya kecil sehingga aliran limpasan diabaikan. Hujan yang jatuh di atas embung diperoleh dari curah hujan yang diambil dari dua stasiun hujan yaitu stasiun Santan dan stasiun Karang Ploso.

Embung Sendangtirto direncanakan dapat melayani kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku. Kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku dihitung pada saat musim kemarau. Menurut data hujan 80% dalam satu tahun, musim kemarau terjadi pada bulan Juni periode I hingga Oktober periode II, sehingga terdapat lima bulan musim kemarau dalam satu tahun. Luas sawah yang akan dialiri adalah sebesar 24,82 ha. Proyeksi jumlah penduduk yang direncanakan adalah untuk 10 tahun mendatang dari tahun 2018-2028. Laju pertumbuhan penduduk dari tahun 2008-2018 mengalami fluktuasi, untuk hasil laju pertumbuhan penduduk yang bernilai negatif diasumsikan tidak terjadi laju pertumbuhan penduduk yaitu bernilai 0%, sehingga untuk memproyeksikan jumlah penduduk untuk 10 tahun mendatang menggunakan rerata laju pertumbuhan penduduk dengan nilai sebesar 4,546%.

Kapasitas Embung Sendangtirto diperoleh dengan analisis tiga perbandingan yaitu analisis kapasitas embung berdasar ketersediaan air (V_h), analisis kapasitas embung berdasar kebutuhan air (V_n) dan analisis kapasitas embung berdasar topografi (V_p). Ketiga analisis ini diambil hasil yang paling kecil supaya dapat mencakup hasil dari ketiga analisis ini. Contohnya apabila $V_h > V_n > V_p$ sedangkan kapasitas yang dipakai adalah nilai terbesar yaitu V_h , maka kondisi topografi tidak mampu untuk menampung kapasitas dari V_h . Kapasitas terkecil Embung Sendangtirto dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan yaitu sebesar 31881,34 m³ yang diperoleh dari analisis kapasitas embung berdasar topografi.

Analisis neraca air dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan Embung Sendangtirto. Analisis neraca air pertama dilakukan dengan *outflow* yang diambil dari kebutuhan air irigasi. Hasil tingkat keandalan dari analisis neraca air yang

pertama ini adalah 100% dapat melayani kebutuhan air irigasi dengan luas sawah 24,82 ha, sehingga dalam satu tahun kebutuhan air irigasi dapat terpenuhi, namun ketersediaan air tidak termanfaatkan secara optimal karena terdapat sisa air dalam satu tahun yang tidak digunakan untuk kebutuhan air.

Analisis neraca air yang kedua dilakukan dengan *outflow* yang diambil dari kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun yaitu pada tahun 2028. Jumlah penduduk pada tahun 2028 adalah 33888 jiwa dengan jumlah kebutuhan air baku total sebesar 787896 m³. Tingkat keandalan dari analisis neraca air yang kedua ini terdapat nilai terbesar adalah 63,4% pada bulan Februari periode I dan nilai terendah adalah 38% pada Oktober periode I, artinya pada bulan Februari periode I hampir setengah dari kebutuhan air tidak mampu dilayani dan pada periode sisanya, lebih dari setengah kebutuhan air tidak mampu dilayani Embung Sendangtirto. Tingkat keandalan Embung Sendangtirto dari kedua analisis yang sudah dilakukan memiliki hasil yang berbeda. Pada analisis yang pertama ketersediaan air tidak termanfaatkan secara optimal, sedangkan pada analisis yang kedua ketersediaan air tidak mampu untuk melayani kebutuhan air.

Tujuan dari pembangunan Embung Sendangtirto adalah untuk melayani kebutuhan air irigasi, sehingga untuk mendapatkan tingkat keandalan yang baik dan mengoptimalkan ketersediaan air, perlu dilakukan analisis neraca air dengan mencari jumlah penduduk yang dapat dilayani untuk kebutuhan air baku. Setelah dilakukan analisis neraca air yang ketiga, hanya sebagian dari jumlah penduduk yang dapat dilayani Embung Sendangtirto untuk kebutuhan air baku yaitu 14000 jiwa. Tingkat keandalan yang didapatkan dari analisis ketiga ini memiliki nilai terkecil yaitu 65,1% pada bulan Oktober periode II, artinya pada bulan Oktober periode II embung hanya dapat mengairi sawah seluas 23,68 ha dan tidak dapat memenuhi kebutuhan air, karena pelayanan embung lebih diutamakan untuk kebutuhan air irigasi. Ketersediaan air pada Embung Sendangtirto ini dapat termanfaatkan dengan baik untuk melayani kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku walaupun pada periode tertentu kebutuhan air tidak terpenuhi seluruhnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil berdasarkan pada analisis yang sudah dilakukan dari mencari hujan andalan hingga tingkat keandalan embung.

1. Kebutuhan air irigasi selama 5 bulan musim kemarau adalah sebesar 232736,9414 m³ dan kebutuhan air baku selama 5 bulan musim kemarau adalah 787896 m³ dengan jumlah penduduk 33888 dalam proyeksi 10 tahun. Kebutuhan air baku Embung Sendangtirto untuk melayani sebagian penduduk dengan jumlah 14000 jiwa sebesar 244650 m³.
2. Tampungan maksimal pada Embung Sendangtirto adalah sebesar 31881,34 m³ dengan 27860,34 m³ sebagai tampungan hidup dan 4021 m³ sebagai tampungan mati untuk sedimen.
3. Tingkat keandalan Embung Sendangtirto dibagi menjadi 3 kondisi.
 - a. Tingkat keandalan pertama adalah tingkat keandalan embung untuk pelayanan air irigasi. *Outflow* pada tingkat keandalan ini hanya diambil dari kebutuhan air irigasi saja. Hasil pada tingkat keandalan ini memiliki nilai 100% dalam setiap periode selama satu tahun.
 - b. Tingkat keandalan kedua adalah tingkat keandalan embung untuk pelayanan air baku dan irigasi. *Outflow* pada tingkat keandalan ini diambil dari kebutuhan air baku pada tahun 2028 dan kebutuhan air irigasi. Hasil pada tingkat keandalan ini memiliki nilai terbesar yaitu 63,4% pada bulan Februari periode I dan nilai terendah yaitu 38% pada Oktober periode I.
 - c. Tingkat keandalan ketiga adalah tingkat keandalan embung setelah dioptimasi dalam memenuhi kebutuhan air irigasi dan air baku. *Outflow* pada tingkat keandalan ini diambil dari kebutuhan air baku yang dioptimasi dengan jumlah penduduk 14000 jiwa dan kebutuhan

air irigasi. Hasil pada tingkat keandalan ini memiliki nilai terendah 65,1% pada bulan Oktober periode II.

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka saran yang diberikan adalah sebagai berikut.

1. Dalam mencari kapasitas waduk bisa digunakan metode lainnya seperti metode *ripple* atau sebagainya untuk membandingkan kapasitas yang lebih akurat.
2. Selain merubah jumlah penduduk untuk kebutuhan air baku, optimalisasi waduk juga bisa dengan memperluas pelayanan sawah dari yang sudah direncanakan, sehingga embung difungsikan hanya untuk melayani kebutuhan air irigasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1986). *Standar Perencanaan Irigasi (KP-01)*. Direktorat Jenderal Pengairan: Departemen Pekerjaan Umum.
- Irpan, A. (2014). Analisa Kapasitas Embung Untuk Suplai Irigasi. *Jurnal Online Mahasiswa*, Vol. I No 1.
- Kasiro, I. e. (1997). *Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil Untuk Daerah Semi Kering Di Indonesia*. Jakarta: PT Mediatama Saptakarya.
- Linsley, R. K. (1989). *Teknik Sumber Daya Air , Jilid 1, Edisi ketiga, Terjemahan Djoko Sasongko*. Jakarta: Erlangga.
- Perlman, H. (2019). *The Water Cycle (Natural water cycle)*. Retrieved from www.usgs.gov: <https://www.usgs.gov/water-science-school>
- Shiklomanov, I. A. (2018). *How much water is there on, in, and above the Earth?* Retrieved from water.usgs.gov: <https://water.usgs.gov/edu/earthhowmuch.html>.
- Simbolon, B. (2016). *Evaluasi Kapasitas Embung Hadudu Daerah Irigasi Hutabagasan Kabupaten Humbang Hasundutan*. Medan: (Tidak Diterbitkan).
- Soedibyo. (1993). *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- SriHarto, B. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Utami, H. A. (2015). Perencanaan Embung Somosari di Jepara. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 529-537.
- Wilson, E. e. (1993). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Data Curah Hujan

Tabel L-1.1 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2007

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	4
2	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	35	0
3	0	5	51	0	0	0	0	0	0	0	11	0
4	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
5	0	37	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0
7	0	0	21	16	0	0	0	0	0	0	19	22
8	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	9	0
9	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	8	0
10	0	10	0	26	0	0	0	0	0	0	0	20
11	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	7	11
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
13	8	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	37
14	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	7	99
15	0	6	0	49	0	0	0	0	0	0	23	0
16	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	88
18	0	35	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	7	58	8	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	38	0	42	0	0	0	0	0	0	0	22
21	0	30	14	8	0	0	0	0	0	0	0	0
22	37	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	16
23	14	12	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	21	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	12	0	27	0	0	0	0	0	0	0	47
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
29	0		26	0	0	0	0	0	0	15	0	28
30	0		0	0	0	0	0	0	0	12	10	0
31	0		0		0		0	0		26		75
Total	86	344	270	382	0	0	0	0	0	53	197	737
Periode 1	14	133	104	248	0	0	0	0	0	0	187	304
Periode 2	72	211	166	134	0	0	0	0	0	53	10	433
Maksimum	37	72	58	49	0	0	0	0	0	26	58	157
Hari hujan	5	14	9	15	0	0	0	0	0	3	11	15

Tabel L-1.2 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2008

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0
3	0	5	13	0	8	0	0	0	0	0	0	0
4	14	9	23	66	0	0	0	0	0	0	22	0
5	12	44	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	8	25	26	0	0	0	0	0	30	0
7	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0
8	9	0	12	39	0	0	0	0	0	0	42	40
9	0	0	11	0	0	0	0	0	0	38	15	0
10	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	17	24
11	0	50	12	0	0	0	0	0	0	0	10	26
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	24	68	0	0	0	0	0	0	0	0
14	7	0	15	0	0	10	0	0	0	0	28	0
15	0	55	4	0	0	0	0	0	0	0	0	46
16	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
17	0	0	20	15	0	0	0	0	0	0	38	0
18	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
20	0	0	7	0	0	0	0	0	0	23	9	0
21	0	0	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	64	0	0	0	0	20	26	0
23	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	8
25	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	42	7
26	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0
27	65	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
29	0		0	0	0	0	0	0	0	50	0	15
30	40		11	0	0	0	0	0	0	9	0	15
31	0		0		0		0	0		0		0
Total	213	250	218	273	103	10	0	0	0	199	348	211
Periode 1	80	176	122	253	39	10	0	0	0	38	205	136
Periode 2	133	74	96	20	64	0	0	0	0	161	143	75
Maksimum	65	55	27	68	64	10	0	0	0	59	42	46
Hari hujan	8	10	15	9	4	1	0	0	0	6	14	10

Tabel L-1.3 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2009

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	15,5	16,5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	59,5	93	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	6,8	1	35,5	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	2,6	2	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	3
6	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	17	2,9	31	0	3,2	12	0	0	0	0	0	0
9	6	9	0	0	0	14,5	0	0	0	0	0	0,8
10	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	28	2	1	1,5	0	0	0	0	0	0	0
12	0	57,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	43,5	16	1,5	4	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
15	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
16	1	1,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0	3,2	0
17	2,5	12,5	0	3	0	0	0	0	0	0	0,7	0
18	0	10,5	0,5	0	3	0	0	0	0	0	42	0
19	0	10	0	3	0	0	0	0	0	0	11,5	0
20	0	2	0	9,5	12	0	0	0	0	0	3,2	0
21	6	2	93	8,5	10,5	0	0	0	0	0	0,2	0
22	0	4	20,5	1	1	0	0	0	0	7,5	7,2	0
23	26	0	0	0	0	0	1	0	0	0,8	0	0
24	0	0	0	2,5	2,8	0	0,5	0	0	66	0	0
25	3,5	38,5	19	0	3	0	0	0	0	0	0	0
26	0	15,5	4,5	2,5	68	0	0	0	0	0	1,5	0
27	59,2	0	0	13	0	0	0	0	0	0	10,5	0
28	18,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	1	0
29	5,5		14,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1,7
30	12		42	0	2,8	0	0	0	0	0	0	1,6
31	4		2,5		0		0	0		0		0
Total	273,2	331,5	252,5	112,5	107,8	26,5	1,5	0	0,5	74,3	100	7,1
Periode 1	135	235	54,5	69,5	4,7	26,5	0	0	0	0	19	3,8
Periode 2	138,2	96,5	198	43	103,1	0	1,5	0	0,5	74,3	81	3,3
Maksimum	59,5	93	93	35,5	68	14,5	1	0	0,5	66	42	3
Hari hujan	16	21	16	15	10	2	2	0	1	3	12	4

Tabel L-1.4 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2010

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9	0
2	0	0	0	0	0	0	9,5	0	0	0	8,6	0,1
3	0	0	0	0	0	0	7,6	0	0	0	7,8	5,5
4	1	0	0	0	0	18,1	2,2	0	0	0	18,9	0
5	0	0	1,3	0	0	0,3	0	0	7,6	0,3	3,8	0
6	4	1,1	0,6	0	0	0	0	0	22,1	0	3,8	0
7	0	50,9	5,1	23,3	0	0	1,4	0	1,7	0	0,2	5,9
8	0	0,3	1	0	0	23,2	0,5	0	38	1,3	7,6	14,9
9	0	0,9	29,4	3	0	0,4	0	5,5	0	2	35,8	9,2
10	0	0,5	62,9	21,1	0	0	0	0	2,9	0	5,1	20,8
11	1	0	36,8	0,5	0	0	0	0	45,8	0	0	0,5
12	35,3	0	0	0	1	30,9	4	0	5,5	0	0	1,3
13	0	15	0	0	7,9	4,3	0	51,1	16,7	0	0	0
14	0	0	0	1,4	0	0,4	0	4,2	0	0,6	7	2,8
15	9,7	9,3	67	2	5,7	3,5	0	0	0,2	5,5	0	0
16	0	0	9,3	2,1	11,3	0	1,1	0	9,9	9,3	0	3,3
17	5,2	0	4,7	0	1,3	12,7	0	0	9	0	0	8,5
18	16,2	10,3	10	0	0	11,6	0	0	4,5	14,7	0	6
19	3,2	2,6	10,7	0,2	8,5	0	0	3,2	7,4	0	0	3,4
20	49,1	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	43,2
21	5,2	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9	0	4,9
22	0	0,2	19,2	0	3	0	0	2	0	5,7	0	0
23	0	0	0,6	35,2	14	0	0	9,9	0	17,4	17,8	5,2
24	14,2	0	10	7	3,1	0	0	50,7	0	0	4,5	0
25	0	9,8	0	32	0	0	0	15,6	0	0	4,1	0,3
26	0,2	0	1,7	0	0	0	1,5	0	0	2,7	0	36,5
27	2,7	0	9	0	8,7	0,7	2,9	0	0	1,3	0	9,4
28	6,5	0	27,5	0	0,2	0	0,4	0	0	6,9	13,3	0,3
29	1,4		1,2	0	6,5	0,2	0	0	0	0	11,1	11,4
30	0		4,6	0	0	7,9	0	2,8	0	1,3	0	0
31	0		0		0		0	4,1		0		0
Total	154,9	100,9	312,6	127,8	71,4	114,2	31,1	149,1	171,3	71,9	151,3	193,4
Periode 1	51	78	204,1	51,3	14,6	81,1	25,2	60,8	140,5	9,7	100,5	61
Periode 2	103,9	22,9	108,5	76,5	56,8	33,1	5,9	88,3	30,8	62,2	50,8	132,4
Maksimum	49,1	50,9	67	35,2	14	30,9	9,5	51,1	45,8	17,4	35,8	43,2
Hari hujan	15	11	20	11	13	13	10	10	13	14	16	21

Tabel L-1.5 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2011

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	10,3	1,2	20,2	0	22,5	0	0	0	0	0	19,5	0
2	12,6	9,6	0,5	0	0	0	0	0	0	0	48,9	12,4
3	42,8	0,3	0	75,6	0	0	0	0	0	0	1	0,2
4	1	10,6	3,8	0,5	0	0	0	0	0	0	8,5	0
5	0	4,9	1,7	0	28,5	0	0	0	0	0	1,2	12
6	14,6	13,3	0,4	0	13	0	0	0	0	0	7,8	0,3
7	0	9,5	3,4	0	7,9	0	0	0	0	0	45	0
8	8,8	5,6	3,7	0	6,4	0	0	0	0	0	1,9	0
9	18,3	0,2	0,7	0	3,3	0	0	0	0	0	22,6	0
10	21,6	4,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
11	0,4	1,6	13,5	5,4	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	2,4	1,6	2,6	0	0	0	0	0	0	0	1,3
13	0	0	1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0
14	0	0	3	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0
15	5,2	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7
16	2,2	8,8	0,6	4,8	0	0	0	0	0	0	0	24,2
17	33,3	4,2	22,8	0	0	0	0	0	0	0	0	14,6
18	1,6	6,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
19	0	12,5	16,6	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0
20	30,9	1,8	0	0	0	0	0,1	0	0	2,1	0	18,5
21	8,7	2,5	0	7,1	0	0	0,1	0	0	0,2	5,7	0
22	0,8	53,7	37,4	1	0	0	0,4	0	0	0	2,4	3,7
23	13,8	2,9	1,4	1,1	0	0	0	0	0	0,2	4,1	0
24	11,1	14,6	12	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	33,6	29,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	3,6	15	2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	2,2
27	0	7,4	8,1	0	0	0	0	0	0	2,1	0	0
28	0,4	0	3,3	0	0	0	0	0	0	2,7	17,2	0
29	0,2		9,1	0	0	0	0	0	0	0	1,2	12,4
30	5,2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,3
31	0,5		0		0		0	0		0,5		1,5
Total	247,9	229	197,1	101	81,6	0	0,6	0	0,4	7,8	188,2	116,3
Periode 1	135,6	65,2	53,5	84,1	81,6	0	0	0	0,4	0	157,6	26,9
Periode 2	112,3	163,8	143,6	16,9	0	0	0,6	0	0	7,8	30,6	89,4
Maksimum	42,8	53,7	37,4	75,6	28,5	0	0,4	0	0,3	2,7	48,9	24,2
Hari hujan	23	25	24	10	6	0	3	0	2	6	16	15

Tabel L-1.6 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2012

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
2	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
3	40	0	10,1	44	0	0	0	0	0	0	0	0
4	28	0	0	21	0	0	0	0	0	0	39	4
5	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	45
7	0	0	8	0	11	0	0	0	0	0	0	0
8	20	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	0	14	7	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
11	17	0	24	0	0	0	0	0	0	0	18	15
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	58	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0
14	36	0	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0
15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0
16	40	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	40
17	8	0	0	11	0	0	0	0	0	34	36	0
18	80	0	0	6	33	0	0	0	0	0	0	0
19	15	0	58	0	0	0	0	0	0	0	35	17
20	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
21	0	30	30	0	0	0	0	0	0	10	0	0
22	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	7
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	74	0	0	0	0	0	0	0	6	0	45
30	0		0	49	0	0	0	0	0	31	39	0
31	0		0		0		0	0		0		101
Total	369	234	196,1	166	81	0	0	0	0	85	440	348
Periode 1	226	58	108,1	100	48	0	0	0	0	0	123	96
Periode 2	143	176	88	66	33	0	0	0	0	85	317	252
Maksimum	80	74	58	49	33	0	0	0	0	34	129	101
Hari hujan	12	5	9	9	4	0	0	0	0	5	9	12

Tabel L-1.7 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2013

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	0	0	0	12	12,2	0	0	0	0	0
2	59	30	0	0	0	39	0,1	0	0	0	0	0
3	0	19	50	5	0	0	7	0	0	0	18	0
4	33	0	10	20	9	0	0	0	0	0	0	0
5	22	55	47	105	0	0	0	0	0	0	0	0
6	54	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	105	0	5	0	0	0	0	0	0	0	21
8	16	0	5	0	0	25	0	0	0	0	45	19
9	0	0	0	5	0	4	0	0	0	0	0	12
10	0	0	0	4	0	0	28	0	0	0	20	99
11	0	0	0	0	0	0	5,3	0	0	0	55	10
12	0	44	0	33	16	0	0	0	0	0	10	0
13	67	95	0	0	0	95	7,9	1,1	0	0	38	43
14	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	28	37
15	0	0	0	26	0	0	0	0	1,7	0	96	0
16	16	29	0	0	0	0	0	0	0	1,9	8	0
17	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
18	57	0	0	0	59	0	0	0	0	1,6	0	0
19	0	58	0	13	0	50	0	0	0	0,8	30	43
20	19	9	0	16	0	57	0	0	0	0	21	45
21	0	0	0	18	0	0	0,8	0	0	0	0	6
22	0	24	0	0	67	0	2,6	0	0	0	0	8
23	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1,6	0	8
24	0	43	0	0	0	0	2,1	0	0	0	15	6
25	25	0	0	0	60	0	6,6	0	0	0	0	0
26	0	9	56	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0
27	25	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0
29	0		9	0	36	0	0	0	0	13,9	0	0
30	0		12	0	0	0	0	0	0	1	0	22
31	0		0		10		0	0,9		0		20
Total	393	534	189	268	257	282	73,3	2	1,7	27	424	399
Periode 1	251	348	112	211	25	175	60,8	1,1	1,7	0	310	241
Periode 2	142	186	77	57	232	107	12,5	0,9	0	27	114	158
Maksimum	67	105	56	105	67	95	28	1,1	1,7	13,9	96	99
Hari hujan	11	13	7	13	7	7	12	2	1	8	13	15

Tabel L-1.8 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2014

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2	0	27	0	12	1,3	0	0	0	0	0	0	0
3	0	37	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	46	0	0	0	0	2,6	0	0	29	0
5	10	55	0	93	7,7	0	0	0,4	0	0	0	4
6	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
8	0	14	0	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
10	31	18	0	33	0	0	0	0	0	0	7	0
11	0	0	0	8	0	0	4	0	0	0	10	54
12	0	0	0	0	0,5	0	9,1	0	0	0	10	16
13	23	0	38	0	2	0	10,4	0,6	0	0	3	18
14	14	0	0	34	3,22	0	9,8	0	0	0	15	13
15	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	6	0
16	0	31	0	0	0	0	0	0	0	0	34	31
17	0	0	28	12	0	0	0	0	0	0	54	0
18	77	0	0	0	0	5,4	0	0	0	0	28	0
19	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	38
20	8	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	25
21	37	47	0	32	0	0	1,2	0	0	0	0	26
22	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
23	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3
24	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
25	0	42	20	0	0	2,6	0	0	0	0	9	0
26	19	0	0	0	0	0,6	0,6	0	0	0	0	0
27	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
28	28	0	0	11	0	2,8	0	0	0	0	6	17
29	15		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	4		5	0	0	0	0	0	0	0	77	0
31	29		0		0		0	0		0		4
Total	417	320	162	327	16,32	11,4	35,7	3,6	0	0	346	344
Periode 1	82	186	89	272	16,32	0	33,9	3,6	0	0	91	113
Periode 2	335	134	73	55	0	11,4	1,8	0	0	0	255	231
Maksimum	77	55	46	93	7,7	5,4	10,4	2,6	0	0	77	57
Hari hujan	17	10	7	10	6	4	7	3	0	0	18	15

Tabel L-1.9 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2015

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0,4	25	10,7	0	0,4	35,7	0	0	0	0	0	0
2	37,2	0	18,5	16	22,6	0	0	0	0	0	0	0
3	4,2	0	20,1	57	2,4	2,8	0	0	0	0	0	0
4	10,3	8	3,8	0	2,3	0,4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	18,4	9	0	0	0	0	0	0	3,9	35
7	12,5	9	28,9	0	0	0	0	0	0	0	1,2	7
8	3,6	99	0,4	0	0	0	0	0	0	0	4,7	30
9	0	16	13,4	0	38,6	0	0	0	0	0	4,7	68
10	0	19	11,1	0	0	0	0	0	0	0	38,6	0
11	0,6	22	18,3	20	0	0	0	0	0	0	0,7	4
12	37,4	123	21,9	5	0	0	0	0	0	0	0	42
13	47,2	0	0,2	0	77,9	0	0	0	0	0	0	30
14	2,8	10	0,7	14	0	0	0	0	0	0	0	20
15	30	0	12,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	1,1	10	0	0	0	0	0	0	0	40
17	28,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
18	65,6	0	0	50	0	0	0	0	0	0	1,1	4
19	11,5	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
20	2,2	0	19	17	0	0	0	0	0	0	0	20
21	38,2	0	20,4	11	0	0	0	0	0	0	10,8	37
22	4,1	0	53,3	101	0	0	0	0	0	0	0	24
23	0,5	56	0,7	11	0	0	0	0	0	0	0	3
24	0	0	12	69	2	0	0	0	0	0	0,3	0
25	1,9	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0	8,9	0
26	0	0	0,8	0	14,9	0	0	0	0	0	0,3	0
27	0,5	0	13,8	4	0,1	0	0	0	0	0	0	0
28	0	8	19,3	0	0	0	0	0	0	0	3,7	0
29	4,8		36,2	0	0	0	0	0	0	0	5,3	0
30	10,9		0,2	39	0	0	0	0	0	0	0,2	0
31	14,4		0		0		0	0		0		0
Total	369,2	414	358,9	433	161,2	38,9	0	0	0	0	84,4	421
Periode 1	186,2	331	178,9	121	144,2	38,9	0	0	0	0	53,8	236
Periode 2	183	83	180	312	17	0	0	0	0	0	30,6	185
Maksimum	65,6	123	53,3	101	77,9	35,7	0	0	0	0	38,6	68
Hari hujan	23	12	27	15	9	3	0	0	0	0	14	16

Tabel L-1.10 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2016

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	1,2	94	0,1	0	0,1	0,1	0	0	0	10,3	23,6	28
2	9,7	12	14,1	0	0	0	10,5	0	0	12,8	22,3	65
3	0	34	8,8	0	0,1	2,1	2,4	0	0	4,5	14,2	28
4	0	4	0,2	15	0,1	0,6	0	0	0	18,3	5,9	7
5	0	0	13,9	0	7,9	0	0	22,2	17	0	3,4	3
6	0,1	83	19,9	24	0,6	19,5	0	43,1	0	0,1	0	38
7	0	0	11,3	0	0,4	9,3	1	19,1	0	5,9	0	11
8	2,5	0	33,7	7	1,9	0,9	0	14,6	0	55,9	35,6	0
9	4,3	0	0,1	9	7,9	9,8	0	0,1	0	10,8	44,9	0
10	20,3	0	0	9	1,7	0,1	0	0	0	1,1	61,4	0
11	14,8	84	22,4	0	0,1	0	0	0	0	0,6	2,4	0
12	17,1	19	0,9	0	7	0,1	0,6	0	0	1,5	1,4	0
13	7	0	2,7	11	0	0	0	9	0	48,6	14,8	0
14	1,1	0	0	16	0,1	11,5	0	11,4	0	5,6	39,5	0
15	1,3	0	0	0	0,6	0	41,4	0	7	8,7	0,2	0
16	0	8	0	0	0,2	0	17,6	0	0	0,2	0	9
17	0,1	85	0	4	0,1	0	0	0	8	0	2,6	123
18	0,7	34	1,2	0	0	89,3	0	0	0	0	15,3	0
19	0,2	0	0,1	0	0	9,6	0	0	0	0	0	0
20	18,5	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	6,8	0
21	31,6	0	41,3	0	1,9	0	22,1	0	56	0	35	0
22	3,3	0	1	4	4	0,2	6,4	0	0	0	22,2	0
23	0,1	8	9,5	0	0,5	2,2	7,4	0	14	0	0,5	0
24	4	0	4,3	0	0	45,1	0	0	21	2,2	28,1	0
25	3,9	0	9,5	0	0	0	1,7	0	4	4,9	8,5	0
26	0,1	0	0,2	0	1,6	0	15,7	0	4	27,5	5,1	0
27	4,1	75	0,9	0	0	10	1,6	22	0	5,4	0,3	34
28	0,1	43	46,6	0	0	0,6	0	13,1	72	1,1	34,5	0
29	0,3		25,7	47	16,9	0	0,1	0	0	0,3	5,9	0
30	0,1		20,5	0	4,3	0	0	0	0	0	26,9	21
31	46,2		0,4		11,6		0	0		9,2		6
Total	192,7	583	289,3	146	69,6	211	128,6	154,6	203	235,5	461,3	373
Periode 1	79,4	330	128,1	91	28,5	54	55,9	119,5	24	184,7	269,6	180
Periode 2	113,3	253	161,2	55	41,1	157	72,7	35,1	179	50,8	191,7	193
Maksimum	46,2	94	46,6	47	16,9	89,3	41,4	43,1	72	55,9	61,4	123
Hari hujan	26	13	25	10	22	17	14	9	9	22	26	12

Tabel L-1.11 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2017

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	98	33	14	0	3,2	0	0	0	0	0	6
2	7	6	0	21	0	0,6	0	0	0	0	0	4
3	7	35	0	5	45	0	0	0	0	0	0	0
4	3	3	14	0	0	0	0	0	0	1,4	27	0
5	85	0	18	19	9	0	0	0	0	0	25	0
6	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	9	0
7	33	28	0	0	0	0	0	0	0	10,7	0	0
8	43	11	0	0	0	0	0	0	0	7,9	0	0
9	5	18	0	0	0	0	0,4	0	0,1	0	0	0
10	0	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	33
11	0	4	6	0	0	0	0	0	0,2	10,2	0	2
12	8	16	0	0	0	0	0	0	0	0	5	39
13	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
14	33	21	8	0	0	0	0	0	0	11	0	4
15	0	10	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0	3
16	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0,9	67	3
17	23	0	6	0	0	0	0	0	0	6,4	9	0
18	0	0	28	0	0	0	0,1	0	0	0	7	6
19	4	8	8	2	0	0	0	0	0	0,1	22	33
20	0	0	8	13	0	0	0	0	0	0	11	35
21	0	18	40	20	0	0	0	0	0	0	0	31
22	0	3	0	5	0	0	0,5	0	0	0	7	21
23	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	7	6
24	37	6	0	0	0	0,8	0	0	0,3	1,2	0	0
25	99	6	67	0	0	0	0	0	1,1	0,4	0	0
26	0	16	14	20	0	44,4	0	0	1,8	3,5	47	0
27	9	37	0	0	0	0,9	2,1	0	40,3	8,5	46	47
28	7	2,3	0	0	21	0	0,5	0	5,9	14,5	298	46
29	5		0	19	0	0	0	0	9,7	0	84	0
30	0		0	5	3	0	0	0	0	0	0	46
31	8,1		0		0		0	0		0		0
Total	422,1	355,3	258	182	78	49,9	3,6	0	59,4	79,1	677	365
Periode 1	224	259	83	88	54	3,8	0,4	0	0,3	43,6	72	91
Periode 2	198,1	96,3	175	94	24	46,1	3,2	0	59,1	35,5	605	274
Maksimum	99	98	67	29	45	44,4	2,1	0	40,3	14,5	298	47
Hari hujan	18	21	14	13	4	5	5	0	8	14	16	17

Tabel L-1.12 Data Curah Hujan Stasiun Santan Tahun 2018

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0,3	3	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	24	0	13,2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0,5	60	0	7,3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1,6	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
5	8,3	26	52	9,7	0	0	0	0	0	0	0	4
6	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	36
7	0	29	152	27,7	0	0	0	0	0	0	7	0
8	48,9	0	12	0,2	0	0	0	0,2	0	0	2	0
9	1,1	0	0	24,9	0	0	0	0	0	0	52	0
10	23,3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	25	0
11	49,8	43	25	0	0	0	0	0	0	0	49	0
12	11,1	5	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0
13	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0
15	0	48	0	18,1	0	0	0	0	0	0	10	0
16	31	5	0	0	17	0	0	0	0	0	0	42
17	0	0	18	11,1	0	0	0	0	0	0	0	4
18	34,5	0	37	13,2	0	0	0	0	5,2	0	0	0
19	5,2	3	0	0	0	0	0	0	29,7	0	0	0
20	60,1	0	0	0	10	2,4	0	0	21,9	0	0	0
21	33,4	0	0	11,7	35	0	0	0	0	0	0	50
22	36,9	0	7	1	0	0	0	0	0	0	12	7
23	23,5	39	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0
24	36,2	9	23	1,3	0	0	0	0	0	0	0	23
25	0	0	16	0,9	0	5,4	0	0	0	0	0	4
26	16,3	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	4,9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	37	0
28	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162	0
29	5,7		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	15,2		0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
31	21,8		0		0		0	0		0		0
Total	527,7	316	412	141,3	62	7,8	0	0,2	57,2	0	382	175
Periode 1	169	260	294	101,4	0	0	0	0,2	0,4	0	164	45
Periode 2	358,7	56	118	39,9	62	7,8	0	0	56,8	0	218	130
Maksimum	60,1	60	152	27,7	35	5,4	0	0,2	29,7	0	162	50
Hari hujan	25	13	13	15	3	2	0	1	4	0	11	9

Tabel L-1.13 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2006

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	19	29	55	20	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	15	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	37	0	26	27	0	0	0	0	0	0	13
5	15	0	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
9	8	5	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	13	13	0	0	0	0	0	0	0	32
14	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
16	17	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
19	0	66	104	13	11	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	43	0	14	0	0	0	0	0	0	9
21	0	0	4	7	0	0	0	0	0	0	0	28
22	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0
23	35	0	0	0	39	0	0	0	0	0	8	21
24	27	8	0	0	0	0	0	0	0	0	4	24
25	0	2	17	0	0	0	0	0	0	0	8	0
26	39	72	6	0	0	0	0	0	0	0	0	13
27	76	47	14	0	0	0	0	0	0	0	0	31
28	0	28	27	0	0	0	0	0	0	0	0	14
29	29		0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
30	12		21	0	0	0	0	0	0	0	0	19
31	0		24		0		0	0		0		0
Total	330	315	372	127	161	0	0	0	0	0	40	230
Periode 1	57	92	90	107	52	0	0	0	0	0	20	65
Periode 2	273	223	282	20	109	0	0	0	0	0	20	165
Maksimum	76	72	104	26	45	0	0	0	0	0	20	32
Hari hujan	14	11	14	11	6	0	0	0	0	0	4	13

Tabel L-1.14 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2007

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	12	0	0	21	0	0	0	0	0	0	125	0
2	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	11	0
3	0	0	7	0	0	39	0	0	0	0	6	9
4	0	8	4	15	0	0	0	0	0	0	9	17
5	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	28	7
6	0	0	74	0	0	0	0	0	0	0	13	0
7	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	6
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	1	11
11	0	8	0	19	0	0	0	0	0	0	0	6
12	4	0	0	11	0	20	0	0	0	0	0	8
13	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	16	20
14	3	0	0	67	37	0	0	0	0	0	0	0
15	0	51	0	10	0	0	0	0	0	0	0	13
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
17	0	35	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	89	0	35	0	0	0	0	0	0	0	15
20	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	10
22	30	10	39	0	0	0	0	0	0	0	0	26
23	7	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	50	24	30	0	0	0	0	0	0	0	72
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	85
28	0	0	6	0	0	64	0	0	0	0	0	22
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
31	7		7		0		0	0		0		8
Total	70	322	290	271	37	133	0	0	0	0	209	450
Periode 1	19	102	121	168	37	59	0	0	0	0	209	97
Periode 2	51	220	169	103	0	74	0	0	0	0	0	353
Maksimum	30	89	74	67	37	64	0	0	0	0	125	85
Hari hujan	7	11	12	11	1	4	0	0	0	0	8	18

Tabel L-1.15 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2008

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	15	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
2	13	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
3	22	16	37	35	0	0	0	0	0	0	35	0
4	38	28	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	26	0	28	0	0	0	0	0	57	0
6	0	30	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	9	8	0	63	0	0	0	0	0	0	16	28
8	0	8	16	0	0	0	0	0	0	46	0	0
9	19	0	12	12	0	0	0	0	0	0	4	28
10	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
11	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	25	0
12	0	0	0	13	0	22	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12	0
14	0	57	23	0	0	0	0	0	0	0	0	41
15	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	59
16	9	0	53	0	0	0	0	0	0	6	20	0
17	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0
18	0	25	8	0	0	0	0	0	0	0	0	19
19	0	0	12	0	0	0	0	0	0	8	19	0
20	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	5	15	0	0	0	0	0	0	4	92	0
22	0	17	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
23	0	11	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	18
26	35	33	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0
27	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	11
28	0	36	0	0	0	0	0	0	0	82	0	8
29	4		9	0	0	0	0	0	0	0	0	59
30	0		12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	9		0		0		0	0		0		0
Total	199	341	287	142	53	22	0	0	0	175	426	298
Periode 1	130	176	120	142	53	22	0	0	0	51	186	183
Periode 2	69	165	167	0	0	0	0	0	0	124	240	115
Maksimum	38	57	53	63	28	22	0	0	0	82	92	59
Hari hujan	11	16	14	7	2	1	0	0	0	8	13	10

Tabel L-1.16 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2009

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	12	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	55	30	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	19	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	11	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	31	0	12	0	23	0	0	0	0	0	0	0
9	21	13	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	20	13	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0
14	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	48	19	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	20	0	20	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	16	0	0	36	5	0	0	0	0	0	0	0
24	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	30	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	7	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
27	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	27		0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
31	9		0		0		0	0		0		0
Total	298	295	71	158	119	0	0	0	0	0	0	0
Periode 1	173	237	28	67	41	0	0	0	0	0	0	0
Periode 2	125	58	43	91	78	0	0	0	0	0	0	0
Maksimum	55	72	23	48	23	0	0	0	0	0	0	0
Hari hujan	12	13	4	6	9	0	0	0	0	0	0	0

Tabel L-1.17 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2010

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	6,3	0	2,3	0	0	0	5,9	0
3	0	8	0	0	4	0	7,9	0	0	0	0	72,9
4	0,2	2,1	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0
5	0	6,2	0	0	5,9	0	0	0	0,4	0	14,6	6
6	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0	5,4	0	0	40
7	0	5,5	0	12,7	0	0	7	0	0	0	0	0
8	12,5	0,4	0,6	0	0	5	0	0	0	0	10,7	0
9	2	0	0	0	12,5	0	0	0	0	0	26,3	4,6
10	0,6	0	2,2	9,8	11,2	0	3,2	0	3	0	7,5	15
11	12,2	0	1,7	0,5	2,5	0	0	0	21,1	0	0	0
12	9,3	4	0	0	11,1	1,8	0,7	0	6,4	0	0	0
13	0,2	0,8	0	0	2,8	0	1	8,1	4,7	0	6,9	0
14	15,6	5,6	0,3	2,1	19,1	6	0	0	0	0	16,1	0
15	0	0	0	0	4	1,8	0	0	0	0	0	0
16	0,2	4,5	0	4,7	9,9	0	0	0	7,3	0	0	0
17	0,2	0,4	0	1,2	4,5	0,4	0	0	25,2	0	0	0
18	4,4	0,2	0	0	9,1	1,5	0	0	0	0	0	0
19	7,1	0,3	0	0	0,3	0,9	0	0	0	0	0	0
20	1,5	0	0	0	0	0	0	0	5,1	0	0	0
21	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0,8	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
23	0,4	0	0	0,5	9,2	0	0	0	8,6	0	20	0
24	0,1	2	0	20,9	5	0	0	0	2,2	0	0	0
25	6,8	1	0	0	0	0	0	17,3	0,5	0	11,7	0
26	0	0	0	0	12,2	0	1,3	0,8	0,5	0	0	0
27	1,7	0,6	0	0	11,2	0	0	0	0	0	23,6	0
28	0	1,5	0	0,8	0,5	4,8	0	0	0	0	0	0
29	0,6		0	0	1,5	0	0	0	0,4	0	5	0
30	0		5	0	0	0	0,2	15,6	3,7	0	0	0
31	0,9		0		0		0	0		0		0
Total	77,8	44,9	9,8	53,2	143,5	22,2	23,6	41,8	102,5	0	148,3	138,5
Periode 1	52,9	34,4	4,8	25,1	80,1	14,6	22,1	8,1	41	0	88	138,5
Periode 2	24,9	10,5	5	28,1	63,4	7,6	1,5	33,7	61,5	0	60,3	0
Maksimum	15,6	8	5	20,9	19,1	6	7,9	17,3	25,2	0	26,3	72,9
Hari hujan	22	18	5	9	21	8	8	4	16	0	11	5

Tabel L-1.18 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2011

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	2,3	0	0	0	9,7	0	0	0	0	0	0	21
2	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	26,9	0
3	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	7,4	4,5	0	0	0	0	0	0	0	23,5	0
5	0	3,6	4,4	0	37,1	0	0	0	0	0	3,8	0
6	0	0	0,6	0	20,6	0	0	0	0	0	2,1	0
7	0	6,2	0,9	1,7	4,8	0	0	0	0	0	8,3	0
8	1,5	0	2,5	18,7	0	0	0	0	0	0	0	8,5
9	5,8	4,3	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	16,2	9
10	8,8	0	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0,4	0
11	0,2	17,5	12,4	29	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	11,3	1,3	5	0	0	0	0	0	0	0	33,7
13	0	0	3,3	0	2,9	0	0	0	0	0	0	0
14	0	80	3	9,4	0,5	0	0	0	0	0	0	0
15	9,8	0,2	4,2	8,5	8,2	0	0	0	0	0	0	0
16	2,3	4,4	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0,5	43,3
17	19,9	4	25,7	0	0	0	0	0	0	0	1,8	42,5
18	6,9	0	15,7	0	0	0	0	0	0	0	0	10,1
19	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	2,1	13,8
20	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	37,7	54,6
21	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	18	0
22	0	0	16	30,4	0	0	0	0	0	0	0,6	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	8	0
24	1,3	0	22,8	0	0	0	0	0	0	0	10	0
25	19,1	0	6,2	0	0	0	0	0	0	0	0	28,6
26	0	0	2,9	0	0	0	0	0	0	0	0	8,5
27	0	0	3,8	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
28	10	0	10,8	0	0	0	0	0	0	4,6	0	7,1
29	3,7		13,9	0	0	0	0	0	0	0	3,4	16,5
30	4,9		0	11,7	0	0	0	0	0	0	0	32,6
31	0		0		0		0	0		1,3		2,2
Total	96,5	140,2	162,9	124,2	83,8	0	0	0	0	35,1	164,3	332
Periode 1	28,4	131,8	38,3	72,9	83,8	0	0	0	0	0	82,2	72,2
Periode 2	68,1	8,4	124,6	51,3	0	0	0	0	0	35,1	82,1	259,8
Maksimum	19,9	80	25,7	30,4	37,1	0	0	0	0	29	37,7	54,6
Hari hujan	14	12	23	12	7	0	0	0	0	4	17	15

Tabel L-1.19 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2012

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
2	7	0	70	23	0	0	0	0	0	0	0	52
3	0	45	0	13	0	0	0	0	0	0	9	0
4	0	16	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	72	0	0	0	0	0	0	15
6	0	0	45	0	9	0	0	0	0	0	0	37
7	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	21	0	31	36	0	0	0	0	0	0	0	40
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
10	20	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
12	27	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	32
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	24	43	0	0	0	0	0	0	0	27	20	23
17	48	11	0	31	0	0	0	0	0	0	33	0
18	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	77	0
19	0	52	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	8	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	30	14	0	0	0	0	0	0	0	24	0
23	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	18	29
24	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	24	19
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	30
29	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	6
30	0		0	64	0	0	0	0	0	0	0	65
31	0		0		0		0	0		0		73
Total	266	343	269	186	81	0	0	0	0	27	242	487
Periode 1	167	82	188	79	81	0	0	0	0	0	14	226
Periode 2	99	261	81	107	0	0	0	0	0	27	228	261
Maksimum	84	65	70	64	72	0	0	0	0	27	77	73
Hari hujan	10	10	10	7	2	0	0	0	0	1	9	16

Tabel L-1.20 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2013

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	10,4	0	0	0	0	4,3	4,7	0	0	0	0	0
2	7	5,5	0	4,1	0	2,7	0	0	0	0	0	0
3	0	5,5	0,6	0	0	0	1,3	0	0	0	4,5	0
4	64	2,7	15,1	0,6	0,9	0	0	0	0	0	3,9	0
5	6	79,1	6	46,2	0	0	0	0	0	0	8,3	0
6	76	71,1	0	11	0	0	0	0	0	0	0,8	11,2
7	0	0	0	30,1	0	0	0	0	0	0	35,3	0,6
8	19	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	4,2	60,7
9	0	0	0	3,7	0	6,9	0	0	0	0	0,6	10,5
10	0,3	2,4	0	0	0	0	12,1	0	0	0	34,3	3,3
11	16,8	0	0	11	0,3	0	0,6	0	0	0	31,3	70,1
12	1,1	60,7	0	6,7	0	0	0	0	0	0	0,1	0,3
13	0	9,9	0	0,6	0	0	1	0	0	0	10,9	32,6
14	0	30	0	28,8	4,2	0	1,4	0	0	0	22,5	0,5
15	51,3	0	0	0,5	14,4	0	0	0	0,9	0	39,2	0
16	10,4	6	0	0	0	0	0	0	0	1,7	4,5	0
17	43,5	7,2	0	0	4	1,7	0	0	0	0	47,9	1,3
18	4,5	0	0	11,7	22	0,4	0	0	0	0	1	0
19	22,7	0	0	3	0,5	4,8	0	0	0	0	8,8	24,3
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	4,4	63,1
21	27,9	0	0	0	1,1	33,7	0	0	0	0	0	9,7
22	0	0	0	0	22,5	1,8	11	0	0	0	0	0
23	0	0	0	27,5	2,4	0	0	0	0	0	0	23,2
24	0	0	0	0	0	0,3	4,4	0	0	0	5	2,7
25	14,7	0	0	0	19,7	0	8,4	0	0	0	2,6	0,5
26	7,3	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0
27	8,3	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,3	2,9	0
28	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
29	0		0	0	20,1	0	0	0	0	9,6	0,3	0
30	7,9		0	0	42,9	0	0	0	0	25,3	0,6	40,3
31	0,6		3,3		6,2		0	0,6		0		9,1
Total	404	280,1	25	186	161,7	56,6	44,9	0,6	0,9	37,2	274,1	364
Periode 1	251,9	266,9	21,7	143,8	19,8	13,9	21,1	0	0,9	0	195,9	189,8
Periode 2	152,1	13,2	3,3	42,2	141,9	42,7	23,8	0,6	0	37,2	78,2	174,2
Maksimum	76	79,1	15,1	46,2	42,9	33,7	12,1	0,6	0,9	25,3	47,9	70,1
Hari hujan	21	11	4	15	16	9	9	1	1	5	24	18

Tabel L-1.21 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2014

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	19,6	1,9	2,1	9,8	1,3	0	0	0	0	0	0	48,2
2	0	34,6	0	3,4	38	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0,8	0	2,2	0	0	0	0,5	0	0	0	0
4	0,3	25,9	66,4	1,3	0	0	0	0	0	0	5	0,2
5	1,2	29,7	0	9	0,2	0	0	0	0	0	0	2,6
6	6,1	9,3	0	71,7	0	0	0	0	0	0	0	4,3
7	0	3,8	0	4,6	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2,3	7	0,2	1,3	0	0	10,6	0	0	0	0	0,3
9	1	1,8	0	1,7	0	0	21	0	0	0	1,8	65,8
10	1,4	51,5	0	10,9	0	0	0	0	0	0	18,6	5,2
11	0,1	4,4	0	10,8	0	0	0	0	0	0	1,6	8,6
12	0,4	0	0,3	0,3	9,5	0	0	0	0	0	0	0,7
13	13,6	0	14,7	1,4	5,9	0	0	0	0	0	13,4	0
14	0,4	1,2	0,1	11,8	6,7	0	5,5	0	0	0	2,8	0
15	48,4	0,4	20,5	6,4	0,1	0	0,5	0	0	0	7	0,9
16	10,1	39,3	18,2	0,6	0	0	0	0	0	0	0	24,1
17	1	0,1	1,5	16,4	0	0	0	0	0	0	23,9	0,6
18	3	2,7	0	0	0	1,1	0	0	0	0	14,4	0,2
19	2,2	0,9	0	2,5	0	14,7	0	0	0	0	1,6	0,7
20	4,8	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0	37,6
21	6,2	1,5	0	59,4	0	0,2	0	0	0	0	0	0,3
22	23,3	20,7	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	63,6
23	22,6	14,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,6
24	12,5	9,2	20	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,5
25	4,3	0	5,7	0	0	6,9	2	0	0	0	8,6	6,2
26	0,1	45,4	0	0	13,5	4,1	14,8	0	0	0	4,7	4,1
27	3,6	3,1	1,1	31	0	0	0	0	0	0	0	74,1
28	29,3	2,5	0	2,8	0	0	0	0	0	0	0	21,2
29	4,4		0,1	0	0	0	0	0	0	0	1,5	3,9
30	11,1		0	0	0	0	0	0	0	0	2,1	0
31	33,7		0		0		0	0		0		9,9
Total	267	312,1	152,6	259,4	75,2	27,6	54,4	0,5	0	0	107	389,4
Periode 1	94,8	172,3	104,3	146,6	61,7	0	37,6	0,5	0	0	50,2	136,8
Periode 2	172,2	139,8	48,3	112,8	13,5	27,6	16,8	0	0	0	56,8	252,6
Maksimum	48,4	51,5	66,4	71,7	38	14,7	21	0,5	0	0	23,9	74,1
Hari hujan	28	24	14	22	8	6	6	1	0	0	14	25

Tabel L-1.22 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2015

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	19	5,5	0	0,2	0	20,1	0	0	0	0	0	1
2	20,2	0,2	21	0,2	9,4	0	0	0	0	0	0	0
3	6,4	0	14	26,3	1	0	0	0	0	0	0	0
4	6,7	0	13	0	7	0	0	0	0	0	0	7,7
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
6	16,6	0	0	20,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
7	0,2	23,3	53	1	0	15,8	0	0	0	0	0,7	11,7
8	0	8,2	0	0	0	0,5	0	0	0	0	36,3	62,3
9	0	35,6	48	8,8	0	0	0	0	0	0	7,1	0,4
10	5,1	29,7	32	0	0	0	0	0	0	0	21,9	0,5
11	0	38,6	53	0	5,6	0	0	0	0	0	11,1	2
12	18,8	32,2	20	0	3,6	0	0	0	0	0	10,2	70,7
13	41,9	50	0	0	13,9	0	0	0	0	0	7,8	0
14	26,9	5,2	22	0,7	0,1	0	0	0	0	0	0,2	24,5
15	40,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,7
16	1	0	0	3,4	0	0	0	0	0	0	0	17,3
17	35,4	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
18	6,6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	2,7
19	29,1	13,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	20,2
20	2,7	0	0	5,1	0	0	0	0	0	0	0	7
21	5,8	0	70	11,9	0	0	0	0	0	0	7,5	32,8
22	7,4	0	44	21,9	0	0	0	0	0	0	0	9,4
23	0,6	6,7	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0,2	0,8	30	57,1	0	0	0	0	0	0	0	5,9
25	0	17,8	0	2,4	0	0	0	0	0	0	33,2	4,1
26	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	20	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0,2	0	29	0	0	0	0	0	0	0	14,5	0
29	1,5		0	1,3	0	0	0	0	0	0	2,5	0
30	29,2		0	44,2	0	0	0	0	0	0	3,1	0
31	15,2		0		0		0	0		0		1
Total	337,1	270,3	469	213,3	40,6	36,4	0	0	0	0	157,2	287,4
Periode 1	202,2	228,6	276	57,3	40,6	36,4	0	0	0	0	95,3	186,8
Periode 2	134,9	41,7	193	156	0	0	0	0	0	0	61,9	100,6
Maksimum	41,9	50	70	57,1	13,9	20,1	0	0	0	0	36,3	70,7
Hari hujan	24	17	14	18	7	3	0	0	0	0	15	22

Tabel L-1.23 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2016

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0,4	8,3	0,1	0	0	0,1	0	0	0	1,5	12,8	25
2	10,6	23,9	15,9	0	0	0	0	0	0	9,6	18,1	65,1
3	0	13,4	2,1	16,5	9,6	0,1	0	1,5	0	5,5	0,2	67,9
4	0,1	0,1	0	0	0	0	0	1,2	1,3	20,4	13,7	0,3
5	0	70,3	2,1	0,1	0	0	0	64,5	0	0,2	0,3	0
6	0	0,9	4,1	0	0,8	5,1	0	12	0	8,8	0,1	37,7
7	0	4,1	3,2	0,5	0,3	11,5	5,3	7,5	0	1	0	34
8	0,7	1,2	22,9	16,7	3,1	4,3	0,1	17,7	8,1	38	2,4	2,7
9	1,6	3	0	2,7	1,6	12,7	0	0,3	0	19,1	27,2	2,9
10	7,8	70,2	4,1	0,4	0	0	0	0	0	0,4	2,7	10,1
11	2,3	10,4	12,3	4,7	0	0	0	0	0	2,4	11,1	1,7
12	19,5	10,6	0	2,8	2,2	0	0	1	0	4,1	2,8	4,4
13	8,6	5,8	0	61,5	0	0	0	18,2	0,1	21,2	5,8	1,5
14	6	0	0	0,1	0,1	17,5	0	0	0	0,7	28,9	5,4
15	0,2	6,4	0	0	0,4	0,1	1,2	0	0,9	2,1	0,1	3,2
16	2,2	60,6	0	32,3	7,4	0	4,6	0	0	0,2	0	6,1
17	0	29,8	0	0	0,1	5	0,2	0	24,7	0	1	14,9
18	0,7	0	0	0	0	42,9	0	0	0,2	0	9,9	0,1
19	4,6	0	0	0	0	3,8	0	0	9,6	0	0,1	1,1
20	6,4	0	0	0	0,1	0	0	0	6,2	0,3	11,9	3,2
21	25,8	0,4	17	0	0	0	12,2	0	10,2	0	28	4,8
22	14,1	5	3,9	0	3,2	9,7	2,5	0	26,3	0	24,9	1,1
23	0	0	24,5	0	7,7	8,2	4,2	0,1	10,6	0	5,1	0,6
24	7,7	0	2,4	0	0	0	0,1	0	25,3	2,8	12,9	0,1
25	1,7	0	8,3	0	9,3	0	0,2	0	23,2	1,8	2,8	0
26	0	4,7	5,7	0	0,1	0	7,3	0	1,9	4,6	6,4	0
27	7	5,6	1,7	0	0	0	0,5	0	0	38,4	15,8	21,2
28	2,1	7,5	18,5	0,2	0	4	0,1	12,7	28,4	0,6	17,3	2,1
29	0,2		29,1	15,2	31,8	0	0	0	6	4,6	19,5	0,1
30	0		19,3	1,3	18,1	0	0	0	0,3	0	36,2	33,6
31	17,7		3,1		22,1		0	2,6		1,5		0
Total	148	342,2	200,3	155	118	125	38,5	139,3	183,3	189,8	318	350,9
Periode 1	57,8	228,6	66,8	106	18,1	51,4	6,6	123,9	10,4	135	126,2	261,9
Periode 2	90,2	113,6	133,5	49	99,9	73,6	31,9	15,4	172,9	54,8	191,8	89
Maksimum	25,8	70,3	29,1	61,5	31,8	42,9	12,2	64,5	28,4	38,4	36,2	67,9
Hari hujan	23	21	20	14	18	14	13	12	17	24	28	27

Tabel L-1.24 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2017

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	25	77	53,6	9,4	0	0	0	0	0	0	0	1,7
2	0	30	5,2	7	0	2,2	0,6	0,2	0	0	0	0
3	19	0	2,1	9,7	1,4	0	0	0	0	0	0	0
4	50	0	0,8	0	1,7	0	0	0	0	0	0	0
5	58	0	50,5	6,5	27,1	0	0	0	0	0	40	0
6	0	7	10,7	24,5	0	0	0	0	0	0	1,2	0
7	24	36	0	1,6	0	0	0	0	0	0,2	0	0
8	7	8	0	17,1	0	0	0	0	0	2,4	0	2,4
9	0	8	0	0	0	0	0	0	0	9	0	2,6
10	7	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	22
11	0	7	6,7	0	0	0	0	0	0	2,5	0	5,8
12	0	26	1,9	0	0	0	0	0	0	0	0	10,6
13	0	0	1,1	0	0	0	0	0	0	0	9,5	20
14	34	37	2,6	0	0	0	0	0	0	5,4	0	0,1
15	0	10	0,2	0	0	0	0	0	0	1,9	12	3,2
16	14	0	6,6	0	0	0	0	0	0	2,8	0	1,5
17	13	0	7,1	0	0	0	0	0	0	6,9	13,8	0,2
18	11	0	87,9	0	0	0	0	0	0	0	0	13,9
19	4	0	3,2	14,2	0	0	0	0	0	0	19,5	40,3
20	4	0	24	0	0	0	0	0	0	0	16,5	51
21	0	0	38,5	31,8	0	0	0	0	0	0	0	17
22	0	16	0,7	2,6	0	0,7	0	0	0	0	0	5,8
23	0	0	0,2	29,3	0	0	0	0	0	0	20,5	0
24	46	21	0,3	0	0	0	0	0	0	0	29	0
25	22	0	8,6	0	0	0,8	0	0	0,4	0,3	0	0
26	0	39	36,3	34,1	0	21,4	0	0	7,5	3	40,3	32,9
27	13	20	0,5	0	0	1,1	0,9	0	28,6	12,5	70,5	2,9
28	0	0	0	0	19,2	0	0,3	0	36,7	13,4	170,9	30,7
29	8		0	35,5	0,8	0	0	0	0,1	0	59,7	0
30	0		0	0,6	19,9	0	0	0	0	0	0	1,8
31	18		13,3		1,5		0	0		0		0
Total	377	353	362,6	224,9	71,6	26,2	1,8	0,2	73,3	60,3	503,4	266,4
Periode 1	224	257	135,4	76,8	30,2	2,2	0,6	0,2	0	21,4	62,7	68,4
Periode 2	153	96	227,2	148,1	41,4	24	1,2	0	73,3	38,9	440,7	198
Maksimum	58	77	87,9	35,5	27,1	21,4	0,9	0,2	36,7	13,4	170,9	51
Hari hujan	18	15	24	15	7	5	3	1	5	12	13	20

Tabel L-1.25 Data Curah Hujan Stasiun Karang Ploso Tahun 2018

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	31,3	2,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0
3	78	42,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
4	0	23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5
5	8	7,3	93,1	15,7	0	0	0	0	0	0	0	7,4
6	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	1,1	1
7	0	11,4	95,2	71,5	0	0	0	0	0	0	16	4,6
8	31,7	9,2	7	0,1	0	0	0	0	0	0	29,1	6,5
9	13	0,8	0	13,8	0	0	0	0	0	0	25,8	0,3
10	12,5	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	9	5,2
11	26	24,8	53,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	5,8	11	0	0	0	0	0	0,9	0	0,3	0
13	32	0	2,9	0	0	0	0	0	0	0	4,6	0
14	8,5	8,4	0	25,9	0	0	0	0	0	0	9	1,4
15	0	45,8	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	43
16	32,8	1,5	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	1,3
17	0	6,2	27,5	11,9	0,2	0	0	0	0	0	0	3
18	22,7	0	35,3	33,2	0	0	0	0	0,9	0	0	0
19	31	4,2	0	0	1	0	0	0	1,2	0	0	0,2
20	53,7	0,2	0	0	1,7	0,8	0	0	5,8	0	0	27,2
21	25	0,5	0	2,4	18,8	0	0	0	0	0	0	0
22	31,5	0,7	16,7	0,8	0	0	0	0	0	0,1	0	11,8
23	42	44,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8
24	33	0,2	8,5	12,1	0	0	0	0	0	0	0	0,5
25	0	0,1	19,4	0,6	0	0	0	0	0	0	0	14,5
26	9	2,1	2,1	0	0	0	0	0	0	0	8,7	0,5
27	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58,5	4,3
28	19,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39,7	0
29	0		2,6	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0
30	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,8
31	10		0		0		0	0		0		2
Total	530,3	271,3	377,9	188,2	21,8	0,8	0	0,1	8,8	0,1	206,8	160,3
Periode 1	209,7	211,2	265,8	127,2	0	0	0	0,1	0,9	0	99,3	73,4
Periode 2	320,6	60,1	112,1	61	21,8	0,8	0	0	7,9	0,1	107,5	86,9
Maksimum	78	45,8	95,2	71,5	18,8	0,8	0	0,1	5,8	0,1	58,5	43
Hari hujan	20	21	16	12	5	1	0	1	4	1	13	22

Lampiran 2 Rekapitulasi Data Curah Hujan

Tabel L-2.1 Rekapitulasi Data Curah Hujan Periode II Tahun 2006-2018

(Stasiun Santan)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2006	284	159,5	168,5	27,5	90	0	0	0	0	120,7	4	252
2007	72	211	166	134	0	0	0	0	0	53	10	433
2008	133	74	96	20	64	0	0	0	0	161	143	75
2009	138,2	96,5	198	43	103,1	0	1,5	0	0,5	74,3	81	3,3
2010	103,9	22,9	108,5	76,5	56,8	33,1	5,9	88,3	30,8	62,2	50,8	132,4
2011	112,3	163,8	143,6	16,9	0	0	0,6	0	0	7,8	30,6	89,4
2012	143	176	88	66	33	0	0	0	0	85	317	252
2013	142	186	77	57	232	107	12,5	0,9	0	27	114	158
2014	335	134	73	55	0	11,4	1,8	0	0	0	255	231
2015	183	83	180	312	17	0	0	0	0	0	30,6	185
2016	113,3	253	161,2	55	41,1	157	72,7	35,1	179	50,8	191,7	193
2017	198,1	96,3	175	94	24	46,1	3,2	0	59,1	35,5	605	274
2018	358,7	56	118	39,9	62	7,8	0	0	56,8	0	218	130

*satuan dalam "mm"

Tabel L-2.2 Rekapitulasi Data Curah Hujan Periode II Tahun 2006-2018

(Stasiun Karang Ploso)

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2006	273	223	282	20	109	0	0	0	0	0	20	165
2007	51	220	169	103	0	74	0	0	0	0	0	353
2008	69	165	167	0	0	0	0	0	0	124	240	115
2009	125	58	43	91	78	0	0	0	0	0	0	0
2010	24,9	10,5	5	28,1	63,4	7,6	1,5	33,7	61,5	0	60,3	0
2011	68,1	8,4	124,6	51,3	0	0	0	0	0	35,1	82,1	259,8
2012	99	261	81	107	0	0	0	0	0	27	228	261
2013	152,1	13,2	3,3	42,2	141,9	42,7	23,8	0,6	0	37,2	78,2	174,2
2014	172,2	139,8	48,3	112,8	13,5	27,6	16,8	0	0	0	56,8	252,6
2015	134,9	41,7	193	156	0	0	0	0	0	0	61,9	100,6
2016	90,2	113,6	133,5	49	99,9	73,6	31,9	15,4	172,9	54,8	191,8	89
2017	153	96	227,2	148,1	41,4	24	1,2	0	73,3	38,9	440,7	198
2018	320,6	60,1	112,1	61	21,8	0,8	0	0	7,9	0,1	107,5	86,9

*satuan dalam "mm"

Lampiran 3 Data Evaporasi

Tabel L-3.1 Data Evaporasi Tahun 2008

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	127,3	12	0,5	3,7	2,7	7	0	7	7	7	8	6
2	103,5	1,1	7	4	6	7,5	0	8	8	7	5	6
3	132,7	5,3	5,6	2,2	7	8	0	7	8	6	5	7
4	196,8	20,5	2,5	7,3	8	8	0	7	7	7	13	7
5	126,5	2	0	5	9	6	0	8	8	6	4	7
6	63,1	5,1	2,6	1,7	8	4	0	8	8	6	4,5	7,5
7	109,1	9,5	4	2,5	9	5	5	7	6	7	4	1
8	34	11,8	0,2	9,8	8	4	7	7	7	7	5,2	4,2
9	71,5	4	5	2	8,5	7	5	8	6	14	5,4	2,2
10	86,4	5	1,5	4,7	6	8	5	7	6	2,8	7,7	1
11	69,3	4	12,7	2,4	7	8	5,5	8	7	3	7,4	1
12	231,7	6	9,5	10	8	8,2	4	7	7	19	3	4
13	458	0,3	8,4	3,6	8	6	5	7	8	4	2,8	5
14	161	11,6	3	6	7,5	6,5	4	6	8	11	5,2	3,5
15	270	0,5	2,2	6,5	6	7	5	8	7	3	0	2
16	200	7,5	4	7	8	8	4,5	8	7	4,5	4,4	6
17	179	0,2	6	8	4	0	5	7	6	5	5,1	6
18	169,1	6	3,9	7,5	3,5	0	6	7	8	6	6,4	6,5
19	55	7	2,5	6	5	0	6	8	7	6	2	2,5
20	100,9	2	7	2	6	0	6	8	6	6,5	10,3	6
21	107,7	2	2	6,6	3,5	0	7	7	7	7	4	6,5
22	168,3	1,4	12,3	7	4,5	0	4	7	7	0,9	4,5	1,2
23	101,1	5	2	1,4	4	0	7	7,5	8	4	2	5
24	122,5	5	6	12,5	3,5	0	4	7	6	12,5	5	3,2
25	133,4	0,9	7	7	4	0	5	6	6	4	4,3	3
26	287,6	5,8	6	8	5	0	4	7	7	5	3,5	4
27	154,4	1,4	4	8,5	5,5	0	5	8	7	13,6	5	4,5
28	135,7	2,2	2	6	6	0	6	7	7	7,3	3,7	4
29	265,3	4	5,5	6,5	7,5	0	5	7	6	4	4	3
30	321	0	1,7	7	7	0	6	6	6	1,3	5	3,2
31	289	0	0	0	7,5	0	7	6	0	4	0	4

Tabel L-3.2 Data Evaporasi Tahun 2009

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel L-3.3 Data Evaporasi Tahun 2010

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	3	4	6	6	6	4	6	5	1,5	5	4	5
2	4	5	6	6	6	5	7	5	5	6	0	6
3	6	0	7	7	6,5	5	0	6	5	0	5	7
4	6,5	4	7	7	0	6	4	5	6	0	6	0
5	4	5	6,5	7,5	4	5	6	5	7	0,	0	6
6	7,8	0	0	7	0	5	6	7	0	0	0	0
7	0	3	4	0	4	6	6	6	0	0	4	0
8	8	0	0	4	6	7	7	6	0	5	4	6
9	0	0	3	0	0	0	0	7	0	6	0	4
10	2	0	0	4	0	4	0	7	4	5	0	0
11	3	4	0	0	0	5	7	8	5	6	5	0
12	0	4	7	4	0	5	6	7	0	7	7	0
13	0	0	7	4	0	0	0	6	0	8	6	0
14	0	3	8	5	4	0	6	0	0	7	6	5
15	0	0	7	0	0	4,	6	5	6	0	0	0
16	0	0	7,5	3	5	0	6	6	0	6	0	0
17	3	2	8	0	0	4	6	5	0	6	5	0,3
18	4,5	0	0	0	4	5	7	5	0	0	6	0
19	0	0	6	4	5	0	6	5	0	0	5	0
20	0	4	0	4	5	6	6	5	4	0	0	0
21	0	4,5	4	5	5,5	7	7	5	4	5	7	0
22	6,8	4	5	5	6	6	6	4	5	0	0	2
23	0	0	0	6	6	6	6	0	0	4	6	5
24	4	5	4	0	0	6	7	0	0	0	0	5
25	4,5	5	5	0	4	6	7	0	0	0	0	6
26	8	0	5	0	6	4	6	0	0	5	0	5
27	4,2	0	0	0	0	5	6,	4	5	0	4	0
28	0	4,5	0	4	0	9	6	7	6	0	6	0
29	0	0	0	5	4	0	5	6	5	0	0	0
30	4	0	0	6	0	6	5	5	6	6	6	0
31	4,2	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	5

Tabel L-3.4 Data Evaporasi Tahun 2011

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	5	3	2	5	10	6	7	8	7	4	5	7,8
2	6,3	4	13,8	2	5	5	5	7	7	4	3	4
3	15,4	3	7	14,5	2	6	7	5	8	2	3	5
4	8,5	1	6	4	5	4	8	6	7	5	3	2
5	0,5	23,8	3,2	4	10	5	7	6	8	8	10	4
6	2	18,4	5	10,6	3,2	4	7	7	8	7	10	4,2
7	5	0,4	10	4,2	8	7	7	8	6	6	5	4
8	2	2,5	2,8	4,8	5	7	8	6	8	8	1	6
9	1	0,9	5	0,5	2	6	7	6	6	6	1,5	2
10	1,5	6	1	0,5	4	6	6	7	4	2	3,7	4
11	6	7	6,8	13,8	5	6	6	8	6	6	3	5
12	6	6	5,5	11,7	4	6	5	8	6	7	1	16,8
13	7	6	3,2	4	4	7	5	6	7	8	5	1,5
14	2	7	2,5	6	4	6	6	7	6	8	4	5
15	9	7,5	2,4	2	1,5	7	5	6	3	5	5	5
16	14,8	2,4	7	4,8	2,9	8	6	7	5	8	7	6
17	6	6	7	6	4	6	7	7	5	9	6	10,5
18	11,7	7	1	6	5	7	6	8	5	7	7	21
19	1,5	6	6	7	3	6	4	7	6	10	3	3,7
20	5,5	6,5	2,5	7	6	8	6	7	6	8	1,6	10,5
21	2,5	7	2,5	6	4	8	6	8	6	4	18	11
22	18,4	9	8,3	6	4	7	7	7	7	8	12,8	2
23	2,2	7	9,4	3	5	6	7	8	7	7	5	5
24	3,9	0,4	2	5,3	6	7	6	7	7	1,6	6	3
25	7,8	8,9	1,7	0,3	5	7	8	7	5	7	7	2
26	1,5	27	4,6	4	5	7	7	8	6	5	8	8
27	5	2,4	4	2	4	7	6	7	5	22	9	7
28	6	5,9	13	5	5	4	5	7	6	1,5	2,1	1
29	6	0	2,8	4	5	6	7	8	6	3	3,5	3
30	6,5	0	10,6	1,7	4	6	8	7	6	5	4	7
31	4,1	0	4	0	4	0	8	0	0	7	0	13

Tabel L-3.5 Data Evaporasi Tahun 2012

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	2	2	7	2	0	4	7	6	6	6	1	3
2	0	5	7	5	4	4	7	7	7	7	3	2,4
3	1	3	8	6	5	6	4	6	5	6	2	2,3
4	1	0	4	0	4	6	5	7	7	8	2,7	6
5	3	5	3	1	4	5	7	6	6	6	3	1,9
6	5	5	6	1	0	6	6	6	7	7	3	2,5
7	2	6	2	0	3	5	5	6	5	8	5	2
8	1	9	5	6	3	6	3	7	5	5	3	1,8
9	6	6	0	0	5	6	6	7	6	5	1	0
10	3	7	4	6	6	6	7	8	6	6	2	0
11	11	7	0	6	7	5	3	6	8	8	3	2,3
12	4	6	4	4	5	2	3	5	6	8	7	5,2
13	2	3	7	5	5	6	6	5	7	6	4	3
14	0	7	1	6	3	7	7	5	4	6	2,8	0
15	14	8	3	0	2	8	2	7	2	4	4	4,6
16	5	7	5	0	5	7	5	8	6	1,4	2	0
17	9	4	3	6	6	6	6	7	6	2	5	0
18	0	0	3	0	4	7	6	7	7	3	15	4
19	6	5	4	7	5	6	3	6	8	5	0	0
20	3	0	6	4	6	7	3	7	6	6	6	2
21	5	0	9	5	5	5	4	7	6	4	4	0
22	5	0	3	4	6	7	6	8	5	6	0	0
23	6	6	3	7	5	6	7	8	7	8	0,2	6,3
24	7	2	6	6	5	7	7	6	7	7	0	0
25	7	5	7	4	5	6	6	8	6	9	3	0
26	6	1	6	5	6	6	4	8	6	7	4	0
27	8	6	7	5	6	7	5	6	5	7	0	0
28	2	7	8	6	5	7	5	4	7	6	0	0
29	5	7	9	7	5	6	6	3	6	3	0,4	0
30	7	0	7	1	7	7	6	4	7	5	1	6
31	2	0	6	0	6	0	6	6	0	3	0	0

Tabel L-3.6 Data Evaporasi Tahun 2013

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	1,06	6	7	3	5	1,4	6	4	6	7	5	4
2	4	5	5	5	6	2	5	6	5	7	6	5
3	5	0,8	5	5	6	1,2	3	4	7	7	6	5
4	3	4	0,4	4	5	2	0	5	6	7	3,4	3
5	1	0,8	0,2	1	5	4	4	4	6	6	3	5
6	3	1,2	9	3	6	6	4	4	5	6	3,8	5
7	5	0,2	4	2,6	0,4	1	4	4	6	6	0	6
8	2	0,6	6	3	3	0	5	5	6	6	2,8	4
9	1,6	3,2	5	3	2	1	1,2	6	5	7	2	2,5
10	2	4	5	2	4	1	2	7	7	6	6,4	3
11	3	5	4	5,2	5	4	0	6	6	6	4	3
12	5	4	2	2	6	1	4	6	6	6	2,6	10
13	0	0	6	3	5	3	6	4	6	6	2	0
14	0	1	0,3	5	4	1	2	5	6	6	4,2	6,5
15	2	1	1	1	6,6	5	2	4	8	6	0,4	4
16	3	1,2	4	4	3	4	4	4	6	7	3,4	0,5
17	5	3	0,4	0,6	6	4	5	4	5	7	2,2	6
18	2	1	6	4	1,6	3	6	6	6	7	2,6	6
19	1,2	0,6	5	2,4	0,4	6	6	6	5	5	5,2	5
20	1,6	2,4	1,4	4	2	4	6	5	5	5,4	2,2	3
21	3,6	3	6	5	0,4	3	5	6	5	5	2,2	1
22	0,2	3,8	6	6	5	3	2	4	6	6	6	1
23	5	3	6	5	0,8	5	3	4	5	4,6	5	2
24	2,6	4,6	5	0,6	4	5	5	6	7	5	6	6
25	4	1	5	5	6	5	1,4	5	7	6	4,4	2
26	3	5	6	5	1	5	2	4	7	6	2	0,5
27	0,4	3	5	6	2	4	5	6	7	7	4	8
28	1	6	4	5	4	5	3	6	6	6	2	6
29	6	0	5	5	3	4	4	6	7	5	5,5	6
30	6	0	1,8	4	4	3	5	6	6	1	4	5,5
31	0,5	0	6	0	11	0	5	7	0	3	0	0

Tabel L-3.7 Data Evaporasi Tahun 2014

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	6	3,6	5,5	5	6	5	4	4	6	6	5	2
2	2	6	5	5,5	3,8	4	4	5	6	5	7	1,5
3	5	3,5	5,2	5	5,5	5	5	4	6	6	7	4,4
4	5	4	4	6	4	4	5	4	6	5	6	2
5	4,5	4	5,8	6	5	5	2	5	6	5	7,2	5,8
6	3	5	6	4	5	4	5	4	6	5	6	1,5
7	2,5	1,9	5	4,5	5	5	4	4	6	6	6	5
8	2	4	6	5	5	5	3	5	6	5	5	2,5
9	4,5	4,3	4	5,5	4	5	3	5	4,5	6	5	5
10	5,5	6	6	4,5	2,5	4	4	5	6	4	4	4,5
11	5	4	6	4	11	4	4	5,5	5,5	6	3,2	1
12	4,3	2,5	6	4,2	13,5	5	2,5	5	6	6	1,5	6
13	3	6	5,5	2,5	20,4	4	2	6	6	6	6	2,5
14	3	5	4	4	0	5	1,5	6	5	6	2	5,8
15	3,5	7	0	7,2	0	5	4,5	5	5	6	1,5	4
16	3,5	4	4	4	5	4	1	5	5	5	1,5	4
17	2	5	5	5,2	3	5	6	6	6	5	2	4,6
18	5	5	4	5	3	5,5	3	6	6	6	5	3
19	2	5	5	5	5	5,5	5	5	5	5	3	5,1
20	4	3	6	4	5	2	3	5	5	5	6	6
21	3,5	6	3,3	5	4	4	3	4	5	6	4,7	4,5
22	0	4,5	3	2,5	4	5,5	5	4	5	6	5	1,5
23	8	5	5	5	4	5	5	6	6	6	4	2,4
24	3	3,7	0	3,2	5	4	4	6	6	6	4	2
25	3,5	2	6	5	5	6,5	4	5	6	6	5,5	4
26	6	0	2	5	4	5	3	6	5	6	4,5	5,3
27	5,5	4	5	4	3	4,5	2	5	6	6	5	4,5
28	0,9	5	6	5	5	4	3	6	5	5,5	4	10
29	2,5	0	4	4	4	3	4	5	5	5	4	1,8
30	5	0	6,5	5	5	3	4	4	5	5	1	2,5
31	4,7	0	5,5	0	4	0	4	5	0	4	0	5,5

Tabel L-3.8 Data Evaporasi Tahun 2015

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	2	2,5	6	6	4,5	4	5	4	6	5	7	3
2	14	2,5	3	6	4	4	4	4	6	5	7	4
3	3,4	5	5	5	1,5	4	4	5	5	5	6	6
4	4,5	4	4	5	3	3	4	5	5	5	7	6
5	4	4,5	4	4	3	4	4	5	6	5	6	3
6	7	7,5	3	5	4	5	4	5	6	5	6	5
7	5,5	4	5,5	5	6	5	5	4	6	5	5	3
8	2	3,5	2,5	4	6	3,5	5	5	5	5	3	4
9	6	4	4	4	5	4	4	5	6	5	4	4
10	4	4	8	6	3	3	4	4	6	5	3	6
11	7	4,5	4,5	4	4	3	4	4	6	5	1	2
12	5,5	4,5	1	4	6	4	4	6	6	6	4	4
13	5,5	2	7	3	6	4	4	5	6	5	4	4
14	4	1,8	5,5	3,5	3	5	5	4,5	6	6	3	6
15	4	5	6,5	3	5	5	5	5	6	6	4	2
16	4,5	5	4	4	4	5	6	5	5	6	6	6
17	7	6	5	4	5	4	5,6	5	5	5	6	4
18	5	5	5	4	5	5	5	4	5	6	5	3
19	6	6	6	5,5	3	4	5	5	6	5	5	5
20	4	3	5	4	5	4	4	4	6	5	3	3
21	4	5	4	4	5	5	4	5	6	6	6	6
22	2	6	4,5	4,5	6	4	4	5	6	7	6	4
23	5	6	4	2	5	5	5	5	6	7	6	3
24	4	4,5	4	3,5	5	5	5	5	6	6	6	4
25	6	4,4	7	3	5	5	4	5	5	6	47,5	5
26	4,4	2,5	5	4,5	1,5	5	4	4	6	6	17	4
27	3	3	3,5	4	4	4	5	5	5	6	1	4
28	5,9	2	5	3	4	4	4	5	5	6	9	6
29	4	0	10	5	4	4	4	6	5	7	5	6
30	3	0	4	5	5	5	3	5	5	7	5	6
31	3	0	6	0	6	0	4	6	0	7	0	6

Tabel L-3.9 Data Evaporasi Tahun 2016

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	8	16	19	2	5	2	4	2	2	14,5	3	2
2	4	21	7,5	7	5	4	4	4	5	14	7,5	2
3	4	14	12,2	11,5	5	3	9,5	6	5	16	1	2
4	6	3	8,5	1	5	3	2	20	5,5	2	12	2
5	6	14	4,5	5	5	4	5	12	4	6	13	9
6	4	3	2	5	6,5	4	5	0,5	5	6	4	7
7	5	4,5	2	4	2	4	4	4	6	2	5,5	6,5
8	5	12,5	19	12	17	3	3	3	7	8	9	8,5
9	6,2	6	2,5	4	17	3	4	5	4	2	2	7,5
10	5,5	15,5	13,5	6,2	4	15	4	5	4	7	2	2
11	11,5	2	2,5	12	5	4	4	4,5	5	6	4	2
12	1	19	13	5	3	4	6	8	6	4	4	3
13	2	8,3	4	5	3	4	4	6	4	4	5,5	4
14	12	4	5	5	4	17,5	3	2	4	6	16,5	9
15	13	4,5	6	4	16,7	0	6	4	7	14	15	6
16	4	2,5	6	11,5	1	4	10,5	4	4	13	3	10
17	6,8	1	5	4	1	6,3	1	8	8,5	5	6	8
18	6	5	6	6	2	14	4	3	5	6	4	3
19	8	5	5	5	4	7	4	5	5	6	4	6
20	5	6	5	5	5	2	4	6	11	6	11	11
21	9	6	4	5	4	5	11,5	5	10,5	5	8	10
22	10,5	5	5,3	5	8,5	9	4	5,5	5	5	1	8,5
23	3	6	8	5	1	2	4	4	10	2	16,5	1
24	13	5,5	6	5	1	2	3	5	5	4,5	6,5	4
25	7	6	4	2	5	4	4	6,5	11	2,5	11	5
26	4	6	19,5	5	3	4	6	3	4	18,5	5	5
27	5	3	19	4	5	8	3	5	2,5	11,5	3	4
28	8	2,5	18	5	4	1	4	5	7,5	5	15	4
29	4	18	8	18	7,5	3	6,7	4	11,5	2	12	6
30	6	0	10	5	11,5	4	4	5	6	5,5	10	2,5
31	14,5	0	5	0	6,5	0	8	11,5	0	12	0	16

Tabel L-3.10 Data Evaporasi Tahun 2017

Tanggal	Penguapan Dalam Pan (mm)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1	4	4	4	4,5	6	4,6	5	4	5	6	5	3
2	4	6	2	2	5	4	4	4	4	6	4	1,5
3	1	3	5	0	5,5	3	4	4	4	5	4	4
4	4,5	3	4	1,5	6	4	5	3	4	5,5	5,5	5
5	5,5	4	2	5	3,5	5	3	4	5	4,5	5	4
6	3,5	3	6	6,5	4	5	4	4	4	5	4	5
7	3	5	4,5	3	5	4	3	4	4	6	3,5	4
8	4,5	9	5	5	4	4	3	5	4	5	4	5
9	5	4,5	6	4	6	4,5	4	3	4	4,5	2	4
10	4	4	6	5	6	5	3	4	5	4	4	7
11	9	4	6	5	5	5	3	3	5	4	4	2
12	5	2,5	6	5	5,5	6	4	5	5	4	5	2
13	4	0	4	4,5	5	6	5	4	4	6	1,5	2
14	3,5	2	4,5	5	4	4	5	5	5	5	2,5	5
15	2	5	2	4	4	5	4	4	5,5	2	4	4
16	3	5	3	5	4	4	4	4,5	6	5	3	4
17	3	5,5	4	5	5	5	3	5	6	3	3	4
18	4,5	5	3	4	5	3	3	4	5	4	5	4,5
19	8	6	0	4	5	3	4,5	4	6,5	2	3	7
20	0	6	4	4,5	4	4	2	5	5	3	3,5	8
21	3	5	3,5	4,5	4,5	4	4	5	6	4	5	8
22	1	3,5	4	5,5	4,5	4	4	4	5	3	2	6
23	6	4	4	4	5	4	3	3	5	5	5	5
24	1	5	4,5	4,5	5	4	4	5	6	5	1,5	4
25	4	5	4	4	5	3	4	4	4	2	3	6
26	2	4	4	3	4,5	1	4,5	4	4	5	1	5
27	4	4	1	5	5	2,5	2	5	1,5	4	2	6
28	3,5	3,5	4	4	5	4	0,5	5	8	5	0	4,5
29	3		4	4,5	3,5	3	3	5	5,5	5	0	3
30	7,5		5	3	3	5	2	4	6	5	2	4
31	3		5		3,5		4	4		6		3,5

