

THESIS

**OPTIMASI LAYANAN AIR BAKU DAN IRIGASI EMBUNG
KAWARI KABUPATEN JENEPONTO**

MUH NUR ASRI AMIN

D012171022



PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

**OPTIMASI LAYANAN AIR BAKU DAN IRIGASI EMBUNG
KAWARI KABUPATEN JENEPONTO**

Thesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan Diajukan Oleh

MUH NUR ASRI AMIN

D012171022

Kepada

PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

TESIS

OPTIMASI LAYANAN AIR BAKU DAN IRIGASI EMBUNG KAWARI KABUPATEN JENEPONTO

Disusun dan diajukan oleh :

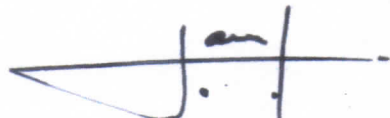
MUH NUR ASRI AMIN

Nomor Pokok D012171022

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 6 Oktober 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,



Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT

Ketua



Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, S.T., M.T

Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh Nur Asri Amin

Nomor Mahasiswa : D012171022

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat di buktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 28 September 2021



Yang menyatakan

Muh Nur Asri Amin

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul **“Optimasi Layanan Air Baku dan Irigasi Embung Kawari Kabupaten Jeneponto”**, sebagai salah satu syarat meraih gelar master di Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Namun demikian kami menyadari bahwa dalam thesis ini masih terdapat banyak kekeliruan dan kekurangan sehingga dengan segala kerendahan hati saya siap menerima segala kritikan dan saran dari pembaca.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan penelitian ini tidak akan terlaksana sebagaimana yang diharapkan tanpa adanya bantuan, arahan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini perkenankan penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
2. Ibu Dr. Eng Rita Irmawaty, ST., MT. selaku Dosen Penasehat Akademik dan Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT., selaku pembimbing I yang telah membimbing penulis dalam penulisan penelitian.

4. Bapak Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT., selaku pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam penulisan penelitian.
5. Para Dosen dan Staf yang telah membantu dan membimbing penulis selama mengikuti pendidikan pada Program Studi S2 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.
6. Ayahanda Ir. H. Muh. Amin Yakub, ibunda Hj. Ir. Layla Azis Hamrat tercinta, Istriku Nur Hardiyanti M. SE, saudara-saudariku, Muh Nur Arsil Amin SH, Nurul Ayumuhana Amin ST, dan anak-anakku M. Hadinata Asri, I Habibi Alqadri Asri yang terus memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan tesis ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi S2 Universitas Hasanuddin khususnya Angkatan 2017 Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Keairan dan semua pihak yang telah membantu penulis baik dalam bentuk materiil maupun immateriil.

Penulis berharap kiranya Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan dari segala pihak yang telah bersedia membantu penulis. Akhirnya dengan segenap kerendahan hati, penulis mengharapkan agar kiranya tulisan ini dapat menjadi salah satu bahan pembelajaran dan peningkatan kualitas pendidikan di Fakultas Teknik ke depannya, Amin.

Gowa, 28 September 2021

Muh. Nur Asri Amin

ABSTRAK

Muh Nur Asri Amin. Optimasi Layanan Air Baku Dan Irigasi Embung Kawari Kabupaten Jeneponto (dibimbing oleh **Farouk Maricar** dan **Mukhsan Putra Hatta**)

Perencanaan pembangunan Embung Kawari untuk mengatasi keterbatasan sumber air yang ada di Kecamatan Bontoramba, Provinsi Sulawesi Selatan. Embung tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku dan irigasi. Pemenuhan layanan embung perlu dioptimasi untuk memenuhi jumlah kebutuhan air baku dan irigasi dengan berbagai skenario. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menentukan jumlah pemakaian air untuk kebutuhan air baku dan irigasi secara optimal. Optimasi dilakukan dengan metode *Generalized Reduced Gradient* (GRG). Untuk fungsi tujuan memaksimalkan penggunaan air embung. Hasil optimasi diperoleh dua kriteria, kriteria A pemanfaatan untuk layanan air baku sebesar 42% dari proyeksi penduduk di tahun 2029 dan tambahan areal layanan irigasi untuk tanaman padi seluas 316,13 Ha dan tanaman jagung 63,87 Ha, kriteria B pemanfaatan untuk layanan air baku sebesar 42% dari proyeksi penduduk di tahun 2029 dan tambahan areal layanan irigasi pada tanaman jagung seluas 697,35 Ha.

Kata Kunci: Optimasi, Embung, Ketersediaan air, Pemenuhan Kebutuhan

ABSTRACT

Muh Nur Asri Amin. Optimization of Raw Water and Irrigation Services for Kawari Dam, Jeneponto Regency (supervised by **Farouk Maricar** and **Mukhsan Putra Hatta**).

Kawari dam construction design to overcome the limitations of water resources in Kecamatan Bontoramba, South Sulawesi. The Dam is used to comply raw water needs and irrigation. The fulfillment of raw service requirements optimization to fulfill the amount of raw water in vary scenarios. This research aims to determine the amount of water usage for raw water and irrigation needs optimally. The optimization performed with Generalized Reduced Gradient (GRG) Methods. For the purpose of its function is to maximize the dam water usage. The optimization results obtained two criteria, Criterion A The use of water for raw water is 42% of the estimated population in 2029 and the irrigation service area for rice plants is 316.13 Ha and corn 63.87 Ha, Criterion B utilization for raw water is 42% from the estimated population in 2029 and the corn crop irrigation service area is 697.35 Ha

.

Keywords: Optimization, Dam, Water Availability, Water Needs Fulfillment

Daftar Isi

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Tinjauan Umum	6
B. Bendungan	7
C. Embung	8
D. Waduk.....	8
E. Air Baku	8
F. Irigasi.....	9
G. Siklus Hidrologi	9
H. Analisis Hidrologi	11
I. Kondisi Daerah Aliran Sungai	11
J. Curah Hujan.....	13
K. Uji Konsistensi	14
L. Evapotranspirasi	17
M. Debit Andalan	18
N. Kebutuhan Air Baku.....	19

O.	KEBUTUHAN AIR IRIGASI.....	23
P.	Kapasitas Tampungan.....	29
Q.	Neraca Air.....	31
R.	Model Optimasi.....	32
S.	Penelitian Terdahulu.....	38
T.	Kerangka Berpikir Penelitian.....	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		41
A.	Lokasi Penelitian.....	41
B.	Pengumpulan Data.....	42
C.	Analisis Data.....	42
D.	Diagram Alir Penelitian.....	48
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....		49
A.	Analisis Data Hidrologi.....	49
B.	Validasi Data Debit Andalan.....	52
C.	Kebutuhan Air.....	54
D.	Neraca Air Embung Kawari.....	68
E.	Model Optimasi.....	68
F.	Hasil Optimasi.....	69
G.	Pembahasan.....	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		77
A.	Kesimpulan.....	77
B.	Saran.....	77
Daftar Pustaka.....		78
Lampiran		

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Kebutuhan Air domestik.....	21
Tabel 2. 2 Koefisien Tanaman	25
Tabel 2. 3 Data Kurva Tampunguan Embung Kawari.....	30
Tabel 4. 1 Curah Hujan Rata-rata CA Embung Kawari.....	50
Tabel 4. 2 Rekapitulasi debit bulanan	51
Tabel 4. 3 Rekapitulasi debit andalan	52
Tabel 4. 4 Rekapitulasi debit andalan dari data perencanaan	53
Tabel 4. 5 Perhitungan proyeksi penduduk tahun 2020 sd 2029	54
Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Untuk Sambungan Rumah Tangga (SR).....	55
Tabel 4. 7 Kebutuhan Air Untuk Sambungan Hidran Umum (HU)	56
Tabel 4. 8 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, IV. 56	
Tabel 4. 9 Kebutuhan Air Untuk Fasilitas Pendidikan	57
Tabel 4. 10 Kebutuhan Air Untuk Mesjid.....	58
Tabel 4. 11 Kebutuhan Air Untuk Mushollah.....	58
Tabel 4. 12 Kebutuhan Air Untuk Fasilitas Pasar.....	59
Tabel 4. 13 Kebutuhan Air Untuk Fasilitas Olahraga	59
Tabel 4. 14 Kebutuhan Air Untuk Fasilitas Perkantoran	60
Tabel 4. 15 Kebutuhan Air Untuk Fasilitas Pertokoan.....	60
Tabel 4. 16 Kebutuhan Air Untuk Fasilitas Puskesmas	61
Tabel 4. 17 Jumlah Total Kebutuhan Air di Kecamatan Bontoramba.....	62
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Kebutuhan Air di Kecamatan Bontoramba.....	62
Tabel 4. 19 Curah hujan efektif untuk padi dan palawija.....	63
Tabel 4. 20 Pola tata tanam MT I padi	65
Tabel 4. 21 Pola tata tanam MT I Palawija	66
Tabel 4. 22 Kebutuhan Air Irigasi Bulanan.....	67
Tabel 4. 23 Rekap Hasil Produksi Tanaman Padi.....	67
Tabel 4. 24 Rekap Hasil Produksi Tanaman Jagung	67
Tabel 4. 25 Hasil Optimasi Rencana Embung Kawari Kriteria A.....	71
Tabel 4. 26 Hasil Optimasi Embung kawari Kriteria B.....	74

Daftar Gambar

Gambar 1 Siklus Hidrologi (triadmojo, 2008)	10
Gambar 2 Lokasi Rencana Embung Kawari	12
Gambar 3 Perhitungan Hujan Rata-rata Metode Thiesen	14
Gambar 4 Kurva Tampungan Embung Kawari	30
Gambar 5 Kerangka Berpikir.....	40
Gambar 6 Lokasi Penelitian	41
Gambar 7 Skema aliran rencana embung Kawari	45
Gambar 8 Diagram Alir Penelitian.....	48
Gambar 9 Grafik Debit Andalan Embung Kawari.....	52
Gambar 10 Grafik Perbandingan debit andalan hasil olahan data dan perencanaan.....	53
Gambar 11 Grafik proyeksi penduduk Kecamatan Bontoramba Tahun 2016-2029.....	55
Gambar 12 Neraca Air Baku Rencana Embung Kawari	68
Gambar 13 Neraca Air Embung Kawari Kriteria A	72
Gambar 14 Neraca Air Embung Kawari Kriteria B	75

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kehidupan manusia tidak terlepas dari kebutuhan akan air. Air dipergunakan untuk berbagai keperluan terutama untuk menjamin kelangsungan hidup manusia, dalam hal ini yang dimaksud adalah air bersih atau air minum. Air bersih yang digunakan haruslah memenuhi syarat dalam segi jumlah maupun mutunya. Karena itu penyediaan air bersih perlu diusahakan baik oleh pemerintah maupun masyarakat sendiri.

Hingga saat ini ketercapaian Indonesia dalam memenuhi kebutuhan air bersih nasional masih belum memenuhi target yang diharapkan. Masalahnya terdapat pada tata kelola yang kurang baik. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 16 tahun 2005, salah satu aspek yang menjadi acuan dalam program penyediaan air baku yaitu Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) diselenggarakan berdasarkan asas kelestarian, keseimbangan, kemanfaatan umum, keterpaduan dan keserasian, keberlanjutan, keadilan, kemandirian, serta transparansi dan akuntabilitas.

Pengaturan pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) dilakukan sehubungan dengan tersedianya potensi sumber air berupa DPS/DAS yang dapat dimanfaatkan untuk pemenuhan air baku. Ketersediaan sumber air di Kabupaten Jeneponto yaitu pada Sungai Kawari

merupakan salah satu potensi air baku dan irigasi untuk memenuhi kebutuhan penduduk di Kabupaten Jeneponto Khususnya di Kecamatan Bontoramba. Menyadari ketergantungan tersebut manusia dituntut untuk selalu dapat menyediakan air bersih guna dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Berbagai teknologi dimanfaatkan untuk menghadirkan air ditengah kehidupan manusia walaupun kondisi alam yang tidak memungkinkan. Kebutuhan air bersih di Kec. Bontoramba sangat terbatas dan dari tahun ke tahun semakin meningkat sejalan dengan perkembangan jumlah penduduk yang sedemikian pesat. Jumlah penduduk yang ada di Kec. Bontoramba pada tahun 2019 yaitu 36 590 jiwa, dan area Irigasi ±380 Ha. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan Irigasi, penduduk Kec. Bontoramba saat ini memanfaatkan beberapa sumber air, seperti dari sungai, sumur dan air hujan.

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Kec. Bontoramba sudah tentu kebutuhan akan air baku untuk semakin meningkat. Kebutuhan akan air baku adalah kebutuhan pokok bagi masyarakat sehingga pemerintah seyogyanya menyediakan kebutuhan akan air baku untuk masyarakat Kabupaten Jeneponto guna mendukung kesejahteraan masyarakat.

Rencana pembangunan embung kawari adalah sarana pemenuhan untuk kebutuhan layanan air baku dan irigasi.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas perumusan masalah yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Berapa besar keandalan air pada rencana embung Kawari?
2. Berapa kapasitas layanan rencana Embung Kawari Kab. Jeneponto dalam memenuhi layanan air baku dan irigasi di Kec. Bontoramba?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian maka tujuan dari tesis ini adalah:

1. Menganalisis keandalan air pada rencana Embung Kawari Kab. Jeneponto dalam memenuhi layanan air baku dan irigasi di Kec. Bontoramba
2. Mengoptimalkan kapasitas layanan dari Embung Kawari

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penyusunan tesis ini adalah:

1. Memberikan pertimbangan dan rekomendasi bagi penentuan kebijakan dalam rencana pembangunan embung Kawari, khususnya pada optimasi layanan air baku dan irigasi.
2. Sebagai bahan acuan pembelajaran mengenai perencanaan embung
3. Memberi nantinya masukan kepada pengelola embung tentang keandalan dan kegagalannya, serta memberi masukan tentang rencana optimasi layanan air baku dan irigasi embung kawari

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian menggunakan data rencana dan peta dari Laporan perencanaan Embung Kawari
2. Penelitian menggunakan satu metode tiap penyelesaian analisa data.
3. Penelitian menggunakan empat stasiun hujan dan satu stasiun klimatologi
4. Penelitian memperhitungkan Menganalisis keandalan rencana Embung Kawari Kab. Jeneponto dalam memenuhi layanan air baku dan irigasi di Kec. Bontoramba.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembaca dalam mengetahui dan memahami tentang apa yang menjadi pokok-pokok bahasan dalam penulisan ini, maka secara garis besar berisikan hal-hal sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan: Merupakan bab yang menguraikan tentang latar belakang masalah.
2. Bab II Tinjauan Pustaka: Merupakan bab yang menjelaskan tentang hal-hal yang perlu di tinjau dalam optimasi keandalan tampungan Embung Kawari
3. Bab III Metodologi Penelitian: Merupakan bab yang berisi rumusan masalah yang akan dibahas berupa metode yang digunakan dalam optimasi keandalan tampungan Embung Kawari

4. Bab IV Analisa Data dan Pembahasan: Merupakan bab yang akan membahas tentang hasil perhitungan dalam penelitian ini
5. Bab V Kesimpulan dan Saran: Merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian ini serta saran kedepan dalam optimasi keandalan tampungan Embung Kawari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum

Merencanakan suatu waduk bukanlah suatu hal yang mudah karena melibatkan berbagai macam bidang ilmu pengetahuan lain yang saling mendukung demi kesempurnaan hasil perencanaan yang dicapai. Bidang ilmu pengetahuan itu antara lain geologi, hidrologi, hidrolika, mekanika tanah, bahkan ilmu pengetahuan lain diluar bidang keteknikan seperti halnya lingkungan, ekonomi, statistik pertanian dan lain sebagainya. (Subarkah, 1980).

Terdapat dua sektor utama yang menggunakan air yaitu pertanian dan rumah tangga. Pertanian merupakan pengguna air terbesar yaitu sekitar 65% dari seluruh sumber air (Wahlin, 2005). Salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan air dan ketahanan pangan adalah dengan merencanakan pembangunan embung yang berada di Desa Tanammawang Kecamatan Bontoramba Kabupaten jenepono Provinsi Sulawesi Selatan merupakan daerah yang cukup kering. Dengan adanya embung, ketahanan air dan pangan di desa tersebut dapat meningkat. Oleh karena itu pembangunan embung perlu direncanakan dengan baik, agar air tampungan dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan dengan mengoptimisasi penggunaan air baku dan irigasi

Penentuan jumlah air secara optimal dilakukan dengan pendekatan optimasi. Optimasi adalah subyek yang populer dalam studi pengelolaan

sumber daya air. Metode ini telah digunakan dalam beberapa dekade sebagai solusi untuk perencanaan dan pengelolaan sumber daya air (segel ginting, 2018).

Teknik optimasi lainnya yang sering di gunakan adalah *Generalized Reduced Gradient* (GRG). Teknik ini sudah tersedia dalam *Microsoft Excel*. GRG adalah alat optimasi di Microsoft Excel yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai optimal dari parameter linier serta persamaan nonlinier. Metode Solver dalam Microsoft Excel terdiri dari Linear Programming Solver (LP) untuk persamaan linier, GRG dan Evolutionary Solver untuk optimasi persamaan nonlinier (Zakwan, Muzzammil, & Alam, 2017).

B. Bendungan

Menurut ICOLD definisi bendungan adalah:

1. Bendungan yang tingginya lebih dari 15 m diukur dari bagian terbawah pondasi sampai ke puncak bendungan.
2. bendungan yang tingginya antara 10m dan 15 m dapat pula disebut bendungan asal memenuhi salah satu atau lebih kriteria berikut:
 - a. panjang puncak bendung tidak kurang dari 500 m
 - b. kapasitas waduk terbentuk tidak kurang dari 1 juta m³
 - c. debit banjir maksimal yang diperhitungkan tidak kurang dari 2000 m³/detik
 - d. bendungan mengalami kesulitan khusus pada pondasinya (*had specially difficult foundation problems*).

- e. bendungan di desain tidak seperti biasanya (*unusual design*).
(soedibyo, 1998)

C. Embung

Embung adalah tipe dari bendungan yang berskala kecil dan tidak memenuhi salah satu dari kriteria dari definisi bendungan di atas. embung juga didefinisikan sebagai konservasi air berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan (*run off*) serta sumber air lainnya.

D. Waduk

Waduk adalah danau alam atau danau buatan, kolam penyimpan atau pembendungan sungai yang bertujuan untuk menyimpan air. Waduk dapat dibangun di lembah sungai pada saat pembangunan sebuah bendungan atau penggalian tanah atau teknik konstruksi konvensional seperti pembuatan tembok atau menuang beton. Istilah 'reservoir' dapat juga digunakan untuk menjelaskan penyimpanan air di dalam tanah seperti sumber air di bawah sumur minyak atau sumur air.

E. Air Baku

Air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum". Sumber air baku bisa berasal dari sungai, danau, sumur air dalam, mata air dan bisa juga dibuat dengan cara membendung air buangan atau air laut. Evaluasi dan pemilihan sumber air yang layak harus berdasar dari ketentuan berikut :

1. Kualitas dan kuantitas air yang diperlukan
2. Kondisi iklim
3. Tingkat kesulitan pada pembangunan intake
4. Tingkat keselamatan operator
5. Ketersediaan biaya minimum operasional dan pemeliharaan untuk Instalasi Pengolahan Air (IPA)
6. Kemungkinan terkontaminasinya sumber air pada masa yang akan datang
7. Kemungkinan untuk memperbesar intake pada masa yang akan datang.

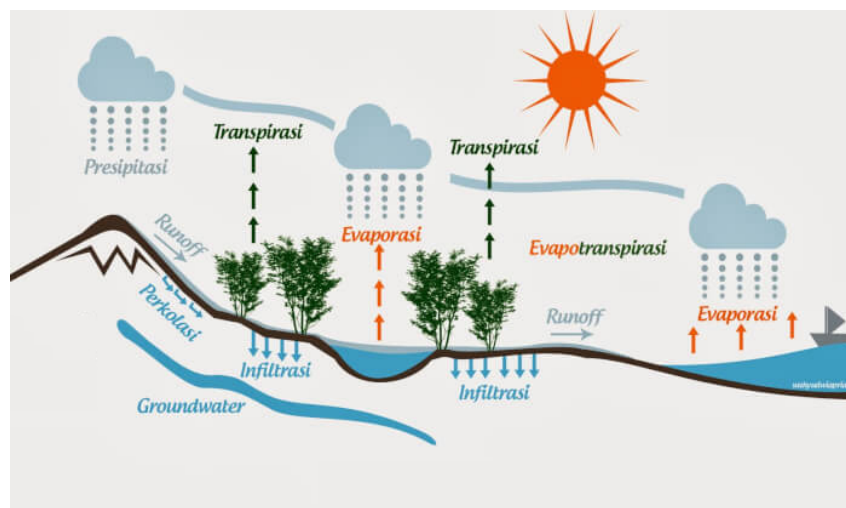
F. Irigasi

Irigasi adalah usaha untuk memperoleh air dengan menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk keperluan penunjang produksi pertanian. Secara teknis irigasi juga dapat didefinisikan sebagai upaya menyalurkan air ke lahan pertanian melalui saluran- saluran pembawa ke lahan pertanian dan setelah air tersebut dimanfaatkan secara maksimal, kemudian menyalurkannya ke saluran pembuang dan berakhir ke sungai.

G. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses kontinyu di mana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali lagi ke bumi lagi yang berlangsung secara terus menerus. (Triatmodjo, 2008). Sumber terjadinya siklus hidrologi adalah sinar matahari. Akibat adanya sinar matahari, air yang berada dipermukaan tanah seperti sungai, danau, dan laut mengalami

penguapan ke udara, uap air tersebut kemudian bergerak dan naik menuju atmosfer yang kemudian terjadi proses kondensasi yang pada akhirnya merubah uap air tersebut menjadi partikel-partikel air yang berbentuk es, partikel-partikel air tersebut akan menyatu satu sama lain hingga membentuk awan. Kemudian partikel-partikel air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Air hujan yang jatuh sebagian ada yang tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (intersepsi) dan sebagian yang lain sampai ke permukaan tanah dan mengalir di permukaan tanah (surface runoff) mengisi cekungan-cekungan tanah, danau, dan masuk ke aliran sungai dan pada akhirnya akan mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah dan kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai, dan pada akhirnya aliran air sungai akan sampai ke laut. Seperti pada gambar 2.1.



Gambar 1 Siklus Hidrologi (triadmojo, 2008)

H. Analisis Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan salah satu bagian analisa awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik dimana informasi dan besaran-besaran yang diperoleh dalam analisa hidrologi merupakan masukan penting dalam analisa selanjutnya. Data hidrologi adalah kumpulan keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi (hydrologic phenomena). Keterangan atau fakta mengenai fenomena hidrologi dapat dikumpulkan, dihitung, disajikan dan ditafsirkan dengan menggunakan prosedur tertentu, metode statistik dapat digunakan untuk melaksanakan penggunaan prosedur tersebut. (Soewarno, 1995)

I. Kondisi Daerah Aliran Sungai

Sub DAS Kawari merupakan salah satu bagian dari DAS Taman Roya yang termasuk dalam kategori DAS prioritas I (satu) dengan luas wilayah 23.986,72 Ha atau 236,86 km². Secara geografis terletak di posisi 05° 28' 43,1" LS dan 119° 51' 17,8" BT dan secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Jeneponto. Wilayah aliran DAS Taman Roya berasal dari kaki gunung Lompobatang di wilayah Kabupaten Gowa di bagian utara dan mengalir ke selatan hingga Laut Flores di Kabupaten Jeneponto.

Tingkat keterenggan atau kemiringan lahan di masing-masing sub DAS didominasi oleh kelas sedang (15 – 25%) yang tersebar merata di semua sub DAS meskipun ada beberapa sub DAS yang didominasi kelas

lereng sangat curam (>45 %), terutama pada bagian utama di kaki hilir gunung Lompobatang.

Permukaan adalah Andosol coklat adalah umumnya berwarna hitam yang mendominasi wilayah ini, kerapatan tidak kurang dari 0,85% gr/cm³, banyak mengandung bahan amorf, atau lebih dari 60% terdiri dari abu vulkanik yang merupakan letusan gunung Lompobatang, dan biasanya terdapat pada wilayah miring agak berbukit sampai agak curam (bagian hulu).



Gambar 2 Lokasi Rencana Embung Kawari

Jenis tanah di DAS didominasi jenis Litosol, Kompleks Mediteran, Regosol, Aluvial dan Grumusol. Sedangkan jenis batumannya terdiri atas: Andesit, Aluvium, Marmer, Batu Gamping, Tufit Tefra berbutir dan hanya sedikit yang berjenis Batu Lumpur.

J. Curah Hujan

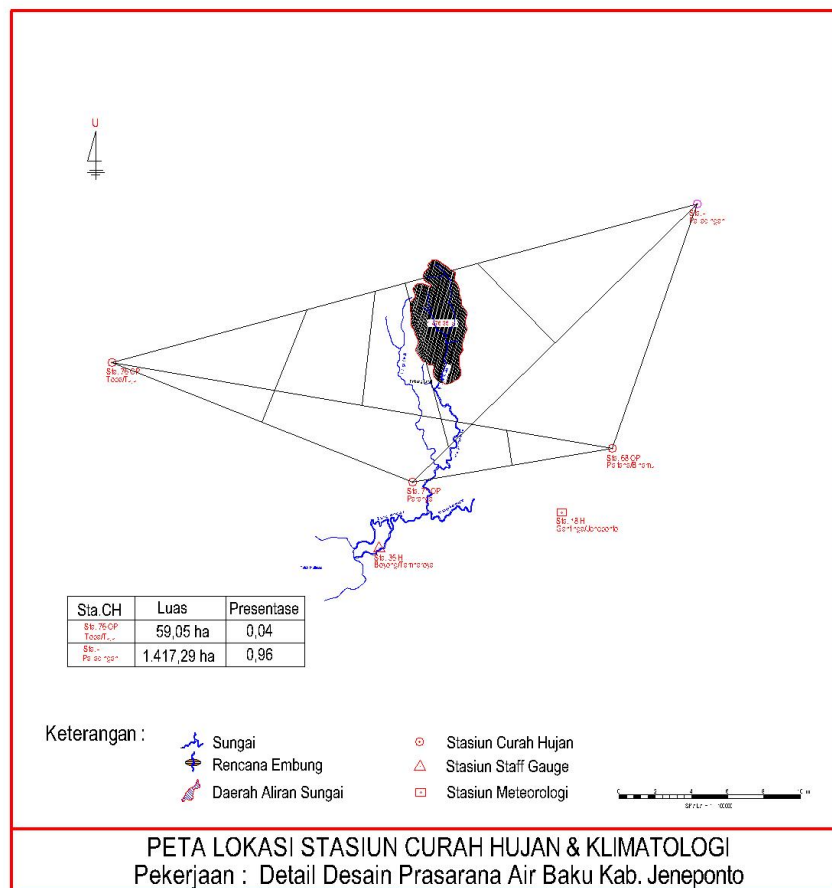
Besarnya curah hujan di suatu tempat sangat dipengaruhi oleh lokasi geografis dan kondisi alam sekitarnya. Lautan adalah sumber dari curah hujan tersebut. Penguapan terjadi dari lautan yang menguap akibat panas matahari dan uap air terserap dalam arus udara yang bergerak melewati permukaan laut. Udara yang mengandung uap air tersebut naik ke atmosfer lalu mendingin sampai di bawah suhu titik embun pada waktu uap air itu tercurah sebagai hujan.

Curah hujan yang diperlukan dalam merencanakan pemanfaatan air dan merancang pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan hanya curah hujan pada suatu titik tertentu. Apabila pada suatu daerah terdapat lebih dari satu stasiun penakar hujan yang ditempatkan secara terpencar, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun dapat tidak sama. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah dan dinyatakan dalam kedalaman air (mm).

Dalam analisis hidrologi diperlukan untuk menentukan hujan rerata pada daerah tersebut, terdapat tiga metode perhitungan untuk menentukan hujan rerata misalnya; metode aritmatik, metode poligon Thiessen dan metode isohyet.

Metode poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rerata kawasan. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada

stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut, Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Adapun hasil perhitungan dari data perencanaan untuk hujan rerata dengan metode thiesen seperti pada gambar 3 berikut:



Gambar 3 Perhitungan Hujan Rata-rata Metode Thiesen

K. Uji Konsistensi

Data hujan mempengaruhi ketepatan analisis hujan-aliran. Apabila terdapat kesalahan pada data hujan yang terlalu besar maka hasil analisis yang dilakukan akan diragukan (Sri Harto, 1993). Oleh karena itu, sebelum

data digunakan perlu dilakukan uji kualitas data hujan yaitu dengan uji konsistensi.

Data hujan harian tiap bulan dipilih yang paling maksimum untuk dijadikan sebagai curah hujan bulanan. Setelah didapat curah hujan bulanan pada tiap bulannya maka dapat memilih data yang maksimum dari dua belas bulan tersebut untuk dijadikan curah hujan tahunan. Curah hujan tahunan inilah yang dipakai untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya.

Satu seri data hujan untuk satu stasiun tertentu dimungkinkan sifatnya tidak konsisten. Data semacam ini tidak bisa langsung dianalisis, karena sebenarnya data di dalamnya berasal dari populasi data yang berbeda. Sebab ketidakkonsistenan:

1. Alat ukur yang diganti dengan spesifikasi yang berbeda atau alat yang sama, akan tetapi dipasang dengan patokan ukuran yang berbeda,
2. Alat ukur dipindahkan dari tempat semula, akan tetapi secara administrasi nama stasiun tersebut tidak diubah (misalnya karena masih dalam satu desa yang sama),
3. Alat ukur sama, tempat tidak dipindahkan, akan tetapi lingkungan yang berubah, misalnya semula dipasang di tempat yang, kemudian berubah karena adanya bangunan atau pepohonan yang terlalu besar di sekitarnya.

Hal-hal tersebut membuat data harus diuji konsistennya terlebih dahulu. Uji konsistensi data digunakan untuk mengetahui konsistensi

terhadap suatu seri data yang diperoleh. Metode yang kami gunakan adalah Metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums) Buishand, 1982, (dalam Sri Harto, 1993). Bila Q/n yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan confidence level yang sesuai, maka data dinyatakan konsisten.

Uji kepangghahan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y}, \text{ dengan } k = 0, 1, 2, 3, \dots, n \quad (2-1)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n} \quad (2-2)$$

dimana

y_i : Data hujan ke-i

S_k^{**} : Hasil nilai uji RAPS

\bar{y} : Data hujan rerata -i

D_y^2 : Standar deviasi

N : Jumlah data

Nilai statistik:

$$Q = \text{maks } |S_k^{**}|, 0 \leq k \leq n \quad (2-3)$$

Atau

$$R(\text{Range}) = \text{maksimum } S_k^{**} - \text{minimum } S_k^{**}, 0 \leq k \leq n$$

L. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah penguapan dari permukaan lahan (Evaporasi) dan penguapan dari permukaan lahan yang ditumbuhi tanaman (Transpirasi). Evaporasi terjadi bila terdapat perbedaan tekanan uap air antara permukaan lahan dan udara di atasnya, sedangkan transpirasi terjadi bila tekanan uap air di dalam sel daun lebih tinggi daripada tekanan uap air di udara.

Nilai evapotranspirasi diperlukan untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Evapotranspirasi yang diperoleh merupakan evapotranspirasi potensial yang bergantung pada letak geografis dari daerah pengaliran sungai sehingga untuk penggunaan lebih jauh harus dikonversikan menjadi evapotranspirasi aktual.

Berikut ini beberapa metode yang digunakan dalam menghitung evapotranspirasi misalnya; metode thornthwaite, metode Blaney-Criddle dan metode penman modifikasi.

Perhitungan evapotranspirasi potensial dengan menggunakan Metode Penman modifikasi dirumuskan sebagai berikut :

$$ET_0 = c [W.R_n + (1-W) f(u) (e_a - e_d)] \quad (2-4)$$

Dimana:

ET_0 : evapotranspirasi tetapan

c : faktor penyesuaian yang tergantung dari kondisi cuaca siang dan malam.

- W : suatu faktor yang tergantung dari temperatur dan ketinggian
- R_n : radiasi netto dalam evaporasi ekivalen (mm/hari)
- $f(u)$: faktor yang tergantung dari kecepatan angin
- $(e_a - e_d)$: perbedaan tekanan uap jenuh rata-rata dengan tekanan uap rata-rata yang sesungguhnya dan dinyatakan dalam mbar, pada temperatur rata-rata.

Pada gambaran variabel-variabel dan perhitungan evapotranspirasi potensial menurut modifikasi terdapat uraian sebagai berikut:

1. Faktor penyesuaian/pengganti kondisi akibat cuaca siang dan malam (c)
2. Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari (W)
3. Tekanan uap jenuh (e_a)
4. Tekanan uap aktual (e_d)
5. Penyinaran radiasi matahari (R_n)
6. Fungsi kecepatan angin $f(U)$

M. Debit Andalan

Debit andalan (dependable flow) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk kebutuhan air irigasi dan air baku, kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah sebesar 20%). Debit andalan ditentukan untuk periode tengah bulanan atau bulanan. Debit minimum sungai dianalisis berdasarkan data

curah hujan dari stasiun yang terdekat dan dikontrol dengan perhitungan debit langsung dilapangan.

Ada berbagai cara yang dapat dipakai dalam menganalisis debit andalan. Masing-masing cara mempunyai ciri khas tersendiri, pemilihan metode yang sesuai, umumnya didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan, yaitu ; Data yang tersedia, Jenis kepentingan dan Karakteristik rumus terhadap kesesuaian lokasi.

Dalam menentukan besarnya debit andalan dengan peluang 80 % digunakan probabilitas Metode Weibull, dengan rumus :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-5)$$

dimana:

P = peluang (%)

m = nomor urut data

n = jumlah data

N. Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku meliputi kebutuhan air domestik, non domestik dan industri. Kebutuhan air ini sangat dipengaruhi oleh jumlah dan kategori daerah. Penduduk desa kebutuhan air baku akan lebih kecil dibanding dengan kebutuhan air baku penduduk kota. Kota kecil kebutuhan air baku akan lebih kecil dibanding dengan kebutuhan air baku penduduk kota besar. Sebagai dasar perhitungan kebutuhan air baku adalah Keputusan Direktur Cipta Karya Nomor: 198/KPTS/CK/1990 tentang Petunjuk Teknis

Pembangunan Sarana Penyediaan Air Bersih dan Penyehatan Lingkungan Permukiman, periode perencanaan didasarkan pada proyeksi penduduk sampai tahun 2029 dengan tingkat pertumbuhan disesuaikan daerah perencanaan tiap tahun, sumber air yang paling memenuhi syarat ditinjau dari kualitas, kuantitas dan efisiensi.

Standar penyediaan air baku terbagi dua yaitu :

1. Kebutuhan Domestik

Penyediaan Air domestik ditentukan oleh jumlah konsumen domestik yang dapat diketahui dari data penduduk yang ada. Standar penyediaan kebutuhan domestik ini meliputi minum, mandi, masak, dan lain-lain. Kecenderungan meningkatnya kebutuhan dasar air ditentukan oleh kebiasaan pola hidup masyarakat setempat dan didukung oleh kondisi sosial ekonomi.

Dengan demikian untuk dapat mengetahui kebutuhan air pada masa yang akan datang, antara lain kita perlu mengetahui jumlah penduduk pada masa yang akan datang. Dengan kata lain kita perlu mengetahui:

- a. Jumlah penduduk pada saat ini, perlu diketahui sebagai dasar untuk
- b. menghitung jumlah penduduk pada saat yang akan datang.
- c. Kenaikan penduduk.

Dengan adanya data tersebut, maka kita dapat menghitung/memperkirakan jumlah penduduk pada masa yang akan

datang. Sehingga kita dapat mengetahui kebutuhan air pada masa yang akan datang.

Kebutuhan air domestik untuk kota dibagi dalam beberapa kategori dan kriteria. Perencanaan air bersih pada tiap – tiap kategori dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Kebutuhan Air domestik

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
	>1000000	500000 s/d 1000000	100000 s/d 500000	20000 s/d 100000	<20000
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR)(ltr/org/hari)	>150	150-120	90-120	80-120	60-80
2. Konsumsi Unit Hidran (HU) (ltr/org/hari)	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40
3. Konsumsi unit non domestik					
a. Niaga Kecil (ltr/org/hari)	600-900	600-900		600	
b. Niaga besar (Ltr/org/hari)	1000-5000	1000-5000		1500	
c. Industri Besar (ltr/org/hari)	0.2-0.8	0.2-0.8		0.2-0.8	
d. Parawisata (ltr/org/hari)	0.1-0.3	0.1-0.3		0.1-0.3	
4. Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5. Faktor Hari Maksimum	1.15-1.25 *harian	1.15-1.25 *harian	1.15-1.25 *harian	1.15-1.25 *harian	1.15-1.25 *harian
6. Faktor Jam Puncak	1.75-2.0 *hari maks	1.75-2.0 *hari maks	1.75-2.0 *hari maks	1.75 *hari maks	1.75 *hari maks
7. Jumlah Jiwa Per SR (Jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah Jiwa Per SU (Jiwa)	100	100	100	100-200	100
9. Sisa tekanan di Penyediaan distribusi (meter)	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume reservoir (%max day demand)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12. SR:HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13. Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

1) Proyeksi Penduduk

Data kependudukan berupa jumlah penduduk pada daerah yang bisa terlayani oleh Embung Kawari yaitu Kecamatan Bontoramba. Data diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Jeneponto.

Data yang digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk adalah data penduduk Kecamatan Bontoramba 5 tahun terakhir yaitu tahun 2016 - 2020.

Agar dapat menentukan kebutuhan air bersih pada masa mendatang perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan yang ada pada saat ini dan proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang. Beberapa faktor yang mempengaruhi proteksi penduduk adalah:

- a) Jumlah populasi dalam suatu wilayah
- b) Kecepatan pertumbuhan penduduk
- c) Kurun waktu proyeksi

Perhitungan proyeksi penduduk dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode antara lain yaitu metode geometrik, metode aritmatik dan metode eksponensial. Untuk pemilihan metode proyeksi penduduk ditentukan dengan melihat standar deviasi yang terkecil.

Proyeksi penduduk pada penelitian ini selama 10 tahun yaitu dari tahun 2019 – 2029, dengan menggunakan metode aritmatik.

Jumlah perkembangan penduduk dengan menggunakan metode ini dirumuskan sebagai berikut (Muliakusumah, 2000:115)

$$P_n = P_0 (1 + rn) \quad (2-6)$$

dengan:

P_n : jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 : jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r : angka pertambahan penduduk per tahun (%)

n : jumlah tahun proyeksi (tahun)

2. Kebutuhan Non Domestik

Penyediaan air non domestik ditentukan oleh banyaknya konsumen non domestik yang meliputi fasilitas seperti perkantoran, kesehatan, industri, komersial, umum, dan lainnya. Konsumsi non domestik terbagi menjadi beberapa kategori yaitu :

- a. Umum, meliputi : tempat ibadah, rumah sakit, sekolah, terminal, kantor dan lain sebagainya
- b. Komersil, meliputi: hotel, pasar, pertokoan, rumah makan dan sebagainya.
- c. Industri, meliputi : peternakan, industri dan sebagainya.

O. KEBUTUHAN AIR IRIGASI

Analisa kebutuhan air irigasi dimaksudkan untuk menentukan besarnya debit air yang dibutuhkan untuk daerah irigasi dalam rangka pemenuhan kebutuhan tanaman agar dapat tumbuh maksimal, perhitungan kebutuhan air irigasi digunakan sebagai dasar perencanaan jaringan irigasi (saluran dan bangunan).

Kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan pola tata tanam rencana dan parameter-parameter sebagai berikut:

1. Kebutuhan air untuk penyiapan tanah

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor dan Zijlstra (1986). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam liter/detik selama periode penyiapan lahan. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1} \quad (2-7)$$

$$M = E_0 + P \quad (2-8)$$

$$k = \frac{MT}{S} \quad (2-9)$$

$$E_0 = 1.1 \times ET_0 \quad (2-10)$$

Dimana:

IR : Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

M : Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaprasasi dan perkolasi disawah yg sudah jenuh (mm/hari)

E_0 : Evaporasi air terbuka selama penyiapan lahan (mm/hari)

P : Perkolasi

K : koefisien tanam

- T : Jangka waktu penyiapan lahan (hari)
- S : Kebutuhan air, untuk penjemuran ditambah dengan lapisan air 50 mm, yakni $200 + 50 = 250$ mm
- e : Bilangan alam (2.7182881820)

2. Kebutuhan air untuk tanaman

Penggunaan konsumtif untuk tanaman adalah sejumlah air yang dibutuhkan menggantikan air yang hilang akibat evapotranspirasi.

Penggunaan konsumtif dapat dihitung dengan persamaan :

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (2-11)$$

Dimana :

ET_c = evapotranspirasi tanaman (mm/hari),

K_c = koefisien tanaman,

ET_o = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari).

Besarnya koefisien tanaman setiap jenis tanaman yang berbeda-beda yang besarnya berubah setiap periode pertumbuhan. Lebih rinci hasil koefisien tanaman (k_c) untuk masing-masing jenis tanaman, dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2. 2 Koefisien Tanaman

Bulan	Padi		Palawija
	Variates Biasa	Variates Unggul	Jagung
0.5	1.10	1.10	0.50
1.0	1.10	1.10	0.59
1.5	1.10	1.05	0.96

Bulan	Padi		Palawija
	Variates Biasa	Variates Unggul	Jagung
2.0	1.10	1.05	1.05
2.5	1.10	0.95	1.02
3.0	0.05	0.00	0.95
3.5	0.95		
4.0	0.00		

Sumber: Anonim, 1986

3. Kebutuhan air akibat kehilangan air dan distribusi air bawah tanah (perkolasi)

Infiltrasi merupakan proses masuknya air dari permukaan tanah ke dalam tanah (daerah tidak jenuh), sedangkan perkolasi adalah masuknya air dari daerah tidak jenuh ke dalam daerah jenuh, pada proses ini air tidak dimanfaatkan oleh tanaman. Harga ketetapan untuk perkolasi yang besarnya sangat bergantung pada tekstur dan kemiringan tanah, biasanya diambil 1-3 mm/hari. Untuk tujuan perencanaan, tingkat perkolasi standar 2,0 mm/hari, dipakai untuk mengestimasi kebutuhan air pada daerah produksi padi.

4. Efisiensi Irigasi

Kehilangan air yang diperhitungkan untuk operasi irigasi meliputi:

- a. Kehilangan ditingkat tersier, meliputi kehilangan air di saluran sekunder,
- b. Kehilangan ditingkat sekunder, meliputi kehilangan air ditingkat sekunder,
- c. Kehilangan ditingkat primer, meliputi kehilangan air ditingkat primer.

Mengacu pada Direktorat Jenderal Pengairan (1986) maka efisiensi irigasi secara keseluruhan diambil 90% dan tingkat tersier 80%. Angka efisiensi irigasi keseluruhan tersebut dihitung dengan cara mengkonversi efisiensi di masing-masing tingkat yaitu $0,9 \times 0,9 \times 0,8 = 0,648 \gg 65 \%$.

5. Curah hujan efektif

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat dipergunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Curah hujan efektif untuk tanaman padi dan palawija dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-12)$$

Dengan P = Peluang curah hujan yang terjadi (%)

m = nomor urut (ranking)

n = banyaknya pengamatan

Untuk perhitungan curah hujan dengan probabilitas (P) 80% dan 50% adalah sebagai berikut :

a. Untuk tanaman padi:

$$R_{80} = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-13)$$

b. Untuk tanaman palawija:

$$R_{50} = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-14)$$

Berdasarkan peluang kejadian dihitung curah hujan efektif setengah bulanan dengan rumus sebagai berikut:

a. Untuk tanaman padi

$$Re = 0.7x \frac{R_{80}}{15} \quad (2-15)$$

b. Untuk tanaman palawija

$$Re = 0.7x \frac{R_{50}}{15} \quad (2-16)$$

Besarnya curah hujan efektif untuk tanaman padi diambil sebesar 80% dari curah hujan rencana yaitu curah hujan yang probabilitasnya terpenuhi 80%, sedangkan untuk tanaman palawija diambil 50%.

6. Luas lahan yang akan diberi air

Kebutuhan air tanaman untuk padi dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$NFR = ET_c + P - Re + WLR \quad (2-17)$$

dimana :

NFR : Kebutuhan air disawah (l/dt/ha)

ET_c : Evapotranspirasi konsumtif (mm/hari)

P : Perkolasi (mm/hari)

Re : Curah hujan efektif (mm/hari)

WLR : Penggantian lapisan air (mm/hari)

7. Sistem Pola Tanam

Penyusunan pola tanam didasarkan pada jenis tanaman, umur tanaman, kecocokan tanah pada tanaman, pengelolaan pertanian, pengalaman yang ada sebelumnya dan kehidupan sosial ekonomi masyarakat di sekitar daerah irigasi tersebut. Ada beberapa pola tanam

yang berlaku di Indonesia, masing-masing pola tanam biasanya sangat tergantung pada iklim, kondisi tanah serta kebiasaan petani setempat.

Secara umum pola tanam yang dipakai di Indonesia sebagai berikut:

a. Padi-Padi

Pola tanam padi-padi cocok dipakai pada daerah irigasi dimana tanaman palawija belum memikat petani atau petani cenderung menanam padi varietas lokal yang umumnya lebih dari 140 hari.

b. Padi-Padi-Palawija

Pola tanam padi-padi-palawija memungkinkan untuk diterapkan pada daerah irigasi dengan debit sungai di musim kemarau cukup besar. Untuk melaksanakan pola tanaman ini harus menyediakan air cukup di musim kemarau, yaitu untuk tanaman padi kedua di musim kamarau.

c. Padi-Palawija-Palawija

Pola tanam padi-palawija-palawija cocok untuk daerah irigasi dengan keadaan debit sungai yang kecil di musim kemarau, sehingga petani sangat intensif untuk mengelola tanah.

P. Kapasitas Tampungan

kapasitas tampungan diambil dari data perencanaan dengan metode cross section, dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

$$V = D \times (A1 + A2)/2 \quad (2-18)$$

Dimana :

V = Volume Kolam (m³)

D = Jarak / Interval (m)

A = Luas Hasil Potongan (m²)

Tabel 2. 3 Data Kurva Tampang Embung Kawari

H (m)	Elev.	Area (ha)	Volume	
			(Juta) m3	m3
	75	-	-	-
0	76	0.08	0.0004	405.5
1	77	0.14	0.0015	1,532.2
2	78	0.40	0.0042	4,239.2
3	79	0.71	0.0098	9,751.9
4	80	0.94	0.0180	17,964.5
5	81	1.50	0.0302	30,161.0
6	82	1.95	0.0474	47,438.1
7	83	2.32	0.0688	68,779.8
8	84	2.88	0.0947	94,745.8
9	85	3.20	0.1251	125,148.5
10	86	3.65	0.1594	159,390.3
11	87	4.38	0.1995	199,502.5
12	88	5.51	0.2490	248,950.3
13	89	6.36	0.3083	308,328.0
14	90	7.81	0.3792	379,176.2
15	91	8.30	0.4597	459,703.3
16	92	8.84	0.5454	545,375.1
17	93	9.75	0.6383	638,281.4

Sumber: BBWS-PJ, 2016



Gambar 4 Kurva Tampang Embung Kawari

Q. Neraca Air

Bangunan embung sebagai penyimpan air mempunyai fungsi yang sangat baik dalam mencukupi kebutuhan akan air khususnya pada saat musim kemarau. Air Sungai Kawari ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan air baku dan juga untuk irigasi bagi masyarakat. Dari alternatif lokasi embung yang terbaik, dicari debit air yang tersedia dan kebutuhan air yang diperlukan sehingga dapat dibuat neraca air di mana nilai kebutuhan yang dapat dipenuhi dari debit yang tersedia.

Neraca air (*water balance*) diperoleh dengan membandingkan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Apabila terjadi kondisi surplus berarti kebutuhan air lebih kecil dari ketersediaan air, dan sebaliknya apabila defisit berarti kebutuhan air lebih besar dari ketersediaan air. Jika terjadi kekurangan debit, maka ada empat pilihan yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut :

1. Jumlah layanan air baku dan luas daerah irigasi dikurangi.
2. Luas daerah irigasi tetap tetapi ada suplesi debit dari potensi lain.
3. Melakukan modifikasi pola tanam.
4. Rotasi teknis/golongan.

Kondisi neraca air pada rencana Embung Kawari dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas sebagai berikut :

$$I - O = \pm \Delta S \quad (2-19)$$

Dimana

$$I = \text{Inflow (m}^3\text{)}$$

$O = \text{Outflow (m}^3\text{)}$

$\Delta S = \text{Perubahan Kapasitas Tampungan (m}^3\text{)}$

R. Model Optimasi

Perencanaan sumber daya air dapat diselesaikan dengan teknik optimasi dan simulasi. Teknik optimasi adalah proses sistematis yang tak terlepas dari algoritma optimasi untuk mendapatkan hasil yang terbaik tanpa mempertimbangkan semua kemungkinan yang ada.

Permasalahan dalam pengelolaan sumber daya air pada dasarnya berkaitan erat dengan usaha untuk memperoleh hasil dan manfaat yang optimum. Untuk mencapai hasil tersebut salah satu cara dapat dilakukan dengan teknik optimasi (Legono dkk, 1998).

Optimasi dilakukan dengan memformulasikan permasalahan yang ada menjadi persamaan matematik. Dalam teknik optimasi, terdapat fungsi tujuan (*objective function*) dan kendala (*constraint*) yang diekspresikan dalam persamaan matematik sebagai fungsi variabel keputusan (*decision variables*). Oleh karena itu perlu adanya penjabaran air supaya maksud tersebut dapat tercapai, maka perlu dibuat suatu model sehingga dapat dilakukan analisis optimasi. Dalam hal yang dimaksud dengan model optimasi adalah penyusunan model suatu sistem yang sesuai dengan keadaan nyata, yang nantinya dapat dirubah ke dalam model matematis dengan pemisahan elemen- elemen pokok agar suatu penyelesaian yang sesuai dengan sasaran atau tujuan pengambilan keputusan dapat tercapai.

1. Optimasi dengan Program Linier

Optimasi adalah suatu rancangan dalam pemecahan model-model perencanaan dengan mendasarkan pada fungsi matematika yang membatasi. Yang termasuk dalam teknik optimasi berkendala antara lain:

a. *Langrange Multipliers* (Pendarap *Langrange*)

Adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan kendala linier

b. *Linier Prigramming* (Programasi *Linier*)

Adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan persamaan linier

c. *Quadratic Programming* (programasi Kuadratik)

Adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan program matematis dengan fungsi linier dan fungsi tujuan non linier

d. *Geometric Programming* (programasi Geometrik)

Adalah penyelesaian optimasi dengan menggunakan persamaan geometri

e. *Dynamic Programming* (Programasi Dinamik)

Adalah suatu pendekatan untuk mengoptimasi proses – proses keputusan bertahap ganda. Analisis pada studi ini dipakai programasi linier. Pemilihan ini didasarkan penggunaan programasi linier memiliki keuntungan sebagai berikut:

- 1) Metode ini dapat dipakai untuk menyelesaikan sistem dengan berubah dan kendala yang cukup banyak

- 2) Penggunaan metode ini mudah, selain itu ditunjang oleh banyak paket program yang sudah beredar
- 3) Fungsi matematikanya sederhana
- 4) Hasilnya cukup handal

Langkah– langkah di dalam melaksanakan perhitungan programasi

linier adalah:

- a) Membuat model optimasi
- b) Menentukan sumber – sumber yang akan dioptimasi
- c) Menghitung kuantitas masukan dan keluaran untuk setiap satuan kegiatan
- d) Penyusunan model matematika

2. Model Programasi Linier

Pada dasarnya model programasi linier memiliki tiga unsur penting, yaitu :

- a. Variabel Putusan

Adalah variabel yang akan dicari dan memberi nilai yang paling baik bagi tujuan yang hendak dicapai.

- b. Fungsi Tujuan

Adalah fungsi matematika yang harus dimaksimumkan atau diminimumkan, dan mencerminkan tujuan yang hendak dicapai.

- c. Fungsi Kendala

Adalah fungsi matematika yang menjadi kendala bagi usaha untuk

memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan, mewakili kendala yang harus dicapai.

3. Penyelesaian Program Linier

Penyelesaian masalah optimasi dengan program linier dimulai dengan menentukan variabel-variabel keputusan yang hendak dicari nilai optimumnya, yang kemudian dibentuk fungsi tujuannya. Kemudian diidentifikasi kendala-kendala yang dihadapi dan dinyatakan secara fungsional, berupa persamaan atau pertidaksamaan.

Sesudah pemodelan selesai barulah dilakukan perhitungan atau iterasi untuk mencapai kondisi optimum. Penyelesaian program linier yang memiliki jumlah variabel keputusan kurang dari sama dengan dua ($n \leq 2$) maka dapat dipakai secara grafis. Sedangkan untuk persamaan yang memiliki jumlah variabel keputusan lebih dari sama dengan dua ($n > 2$), maka penyelesaiannya harus menggunakan cara matematis/analitis.

Program-program aplikasi komputer banyak dikembangkan berdasarkan metode simpleks yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan Program Linier. Diantaranya yaitu TORA, QS, QSB, dan lain sebagainya. Dalam studi ini menggunakan perangkat lunak yang ada yaitu fasilitas Solver dalam Microsoft Excel untuk menyelesaikan permasalahan program linier sesuai dengan permasalahan yang ada di lapangan.

4. Fasilitas Solver pada Microsoft Excel

Solver adalah fasilitas didalam program Microsoft Excel pada Windows. Digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi. Solver digunakan untuk mencari solusi maksimum maupun minimum suatu permasalahan yang kita hadapi. Solver menggunakan code optimasi non linier *Generalized Redveed Gradien (GRG2)* yang dikembangkan oleh Leon Lasdon doktor Universitas Texas di Austin, dan Allan Waren dari *Cleveland State University*. Pemecahan permasalahan pada Solver menggunakan metode logaritma Simpel dengan batasan pada variabelnya.

Solver merupakan fasilitas pencari solusi yang ada dalam perangkat lunak Microsoft Excel yang yang dikembangkan dari metode simplek. Apabila padamenu Microsoft Excel tidak terdapat fasilitas solver, maka dapat di instal di AddIns yang ada di Microsoft Excel. Dalam perhitungan dengan solver harus memenuhi tiga hal yaitu:

- a. Target yang ingin dicapai
- b. Kendala yang harus dipenuhi
- c. Sel yang diubah-ubah isinya untuk ditentukan nilainya agar target dan kendala dipenuhi.

Langkah pertama yang diberikan yaitu menentukan nilai terkaan pada sel yang diubah tersebut. Solver akan melakukan proses coba dan salah berdasarkan nilai terkaan yang diberikan hingga akhirnya diperoleh solusi yang memenuhi tujuan dan kendala.

Tahap-tahap dalam menggunakan fasilitas solver yaitu:

- 1) Tentukan nilai target dan tujuan.
- 2) Tentukan nilai kendala.
- 3) Masuk program Microsoft Excel.
- 4) Buat lembar kerja pada Microsoft Excel.
- 5) Pilih range.
- 6) Beri perintah insert, name, create.
- 7) Tandai kotak cek left coloum.
- 8) Pilih ok.
- 9) Nilai X_1 , X_2 , ..., X_n diberi nilai atau rumus.
- 10) Tulis rumus tujuan dan kendala.
- 11) Beri perintah tools, solver, kotak dialog tampil.
- 12) Isikan range target.
- 13) Pilih kotak teks by changing cells, masuk range yang akan diubah.
- 14) Masukkan nilai kendala, dengan memilih add, kotak dialog akan tampil dan akhiri dengan ok.
- 15) Pilih solver (tekan enter).
- 16) Setelah melakukan perhitungan sejenak, Microsoft Excel akan menampilkan kotak dialog Solver result yang memberi tahu bahwa solusi telah ditemukan.
- 17) Pilih ok, selesai.

S. Penelitian Terdahulu

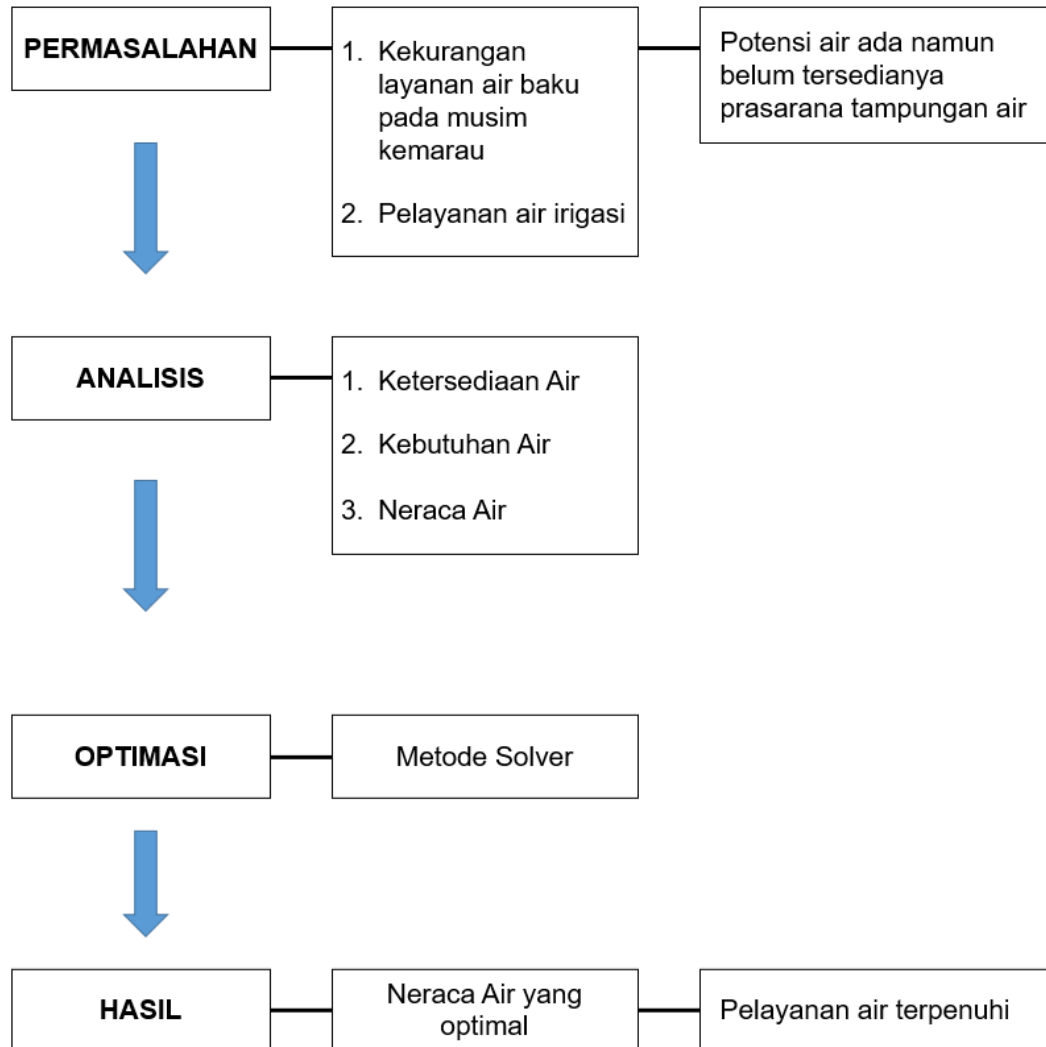
Beberapa Hasil Penelitian terdahulu yang Relevan dengan Tesis ini adalah sebagai berikut:

1. Segel Ginting dkk (2018), dengan judul “Optimasi Pemanfaatan Air Embung Kasih Untuk Domestik dan Irigasi. Tujuan penelitian melakukan optimasi pemanfaatan air embung dengan tujuan menentukan jumlah pemakaian air embung untuk domestik dan irigasi tetes pada beberapa skenario kondisi hujan serta merumuskan pola operasi embung tersebut supaya dapat beroperasi secara optimal dan berkelanjutan. Hasil penelitian adalah Berdasarkan evaluasi hasil optimasi penggunaan air dengan metode simulasi terhadap 2 kriteria yang terpilih (Kriteria A dan Kriteria B) dari tahun 1974 s.d. 2015 diperoleh tingkat keandalan masing masing 54,17% dan 57,54%. Tingkat keandalan dari kriteria yang terpilih masih berada di bawah 75%. Untuk itu maka luas areal irigasi pada Kriteria B diturunkan menjadi 1 Ha sehingga diperoleh tingkat keandalan menjadi 78,57%. Dengan demikian maka penggunaan air Embung Kasih ditetapkan untuk memenuhi kebutuhan domestik sekitar 454 orang dan kebutuhan air untuk irigasi tetes seluas 1 Ha.
2. Siska Nurdiana Putri (2016), dengan judul “Tinjauan Ulang Optimasi Tampungan Embung Bisok Bokah Untuk Keperluan Air Irigasi di Kecamatan Kopang Kabupaten Lombok Tengah. Tujuan penelitian Menganalisis ketersediaan air dan intensitas tanam optimum pada

daerah irigasi Embung Bisok Bokah. Hasil penelitian adalah potensi air yang ada pada Embung Bisok bokah memberikan intensitas tanam maksimum dengan sistem pola tanam Padi-(Kedelai 50%+Jagung 50%) Kedelai pada awal tanam Desember yang menunjukkan intensitas tanam terjadi sebesar 107,96% selama satu tahun. Pada MT I intensitas tanam 44,39%. Pada MT II intensitas tanam 38,69%. Sedangkan untuk MT III intensitas tanam 24,89%.

3. Wulandari (2012) melakukan analisis optimasi dalam pemanfaatan air waduk Wonogiri dengan program dinamik. Waduk Wonogori yang mengalami penurunan kapasitas tampungan efektif hingga 30% memerlukan pembaharuan pola operasi. Pengaturan pemanfaatan air waduk didasarkan pada debit inflow dan kebutuhan yang harus dipenuhi. Optimasi dilakukan menggunakan program dinamik dengan bantuan paket program CSUDP. Hasil optimasi waduk dengan pola operasi awal memiliki keandalan lebih rendah dibandingkan operasi menggunakan rule curve hasil optimasi yang baru.

T. Kerangka Berpikir Penelitian



Gambar 5 Kerangka Berpikir