

Optimasi Layanan Air Baku dan Irigasi Embung Kawari Kabupaten Jeneponto

Muh Nur Asri Amin^{1*}, Farouk Maricar¹, Mukhsan Putra Hatta¹

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: m.nurasri91@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052021.04

Abstrak

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 air untuk air baku sebesar 42% dari proyeksi penduduk di tahun 2029 dan areal layanan irigasi untuk tanaman padi seluas 316,13 Ha dan tanaman jagung 63,87 Ha, kriteria B pemanfaatan untuk air baku sebesar 42% dari proyeksi penduduk di tahun 2029 dan areal layanan irigasi pada tanaman jagung seluas 697,35 Ha dan masing masing keuntungan dari sektor pertanian untuk kriteria A sebesar Rp 7.447.434.604,00, dan Kriteria B sebesar Rp 11.694.575.287,00.

Abstract

Optimization of Raw Water and Irrigation Services for Kawari Dam, Jeneponto Regency. 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 and each profit from the agricultural sector for criteria A is Rp 7.447.434.604,00 and criteria B is Rp 11.694.575.287,00.

Kata Kunci: Embung, ketersediaan air, pemenuhan kebutuhan air, optimasi

1. Pendahuluan

Kehidupan manusia tidak terlepas dari kebutuhan akan air. Air dipergunakan untuk berbagai keperluan terutama untuk menjamin kelangsungan hidup manusia [1] 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 [2].

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.

Terdapat dua sektor utama yang menggunakan air yaitu pertanian dan rumah tangga. Pertanian merupakan pengguna air terbesar yaitu sekitar 65% dari seluruh sumber air [3]. Salah satu upaya untuk meningkatkan ketahanan air dan ketahanan pangan adalah dengan merencanakan pembangunan embung [4] yang berada di Desa Tanammawang Kecamatan Bontoramba Kabupaten Jeneponto 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 mengoptimalkan penggunaan air baku dan irigasi [5].

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 [6].

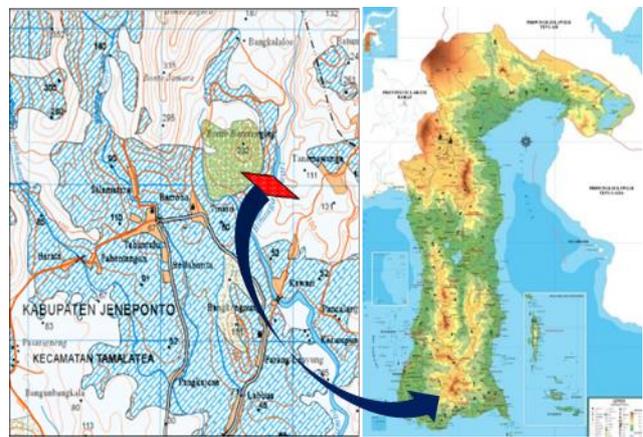
Teknik optimasi lainnya yang sering di gunakan adalah *Generalized Reduced Gradient* (GRG). Teknik ini sudah tersedia dalam *Microsoft Excel*. GRG adalah alat optimasi di *Microsoft Excel* yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai optimal dari parameter linier serta persamaan nonlinier. Metode Solver dalam *Microsoft Excel* terdiri dari Linear Programming Solver (LP) untuk persamaan linier, GRG dan Evolutionary Solver untuk optimasi persamaan nonlinier [7]–[9]

2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Secara administratif, Rencana Embung Kawari terletak di Desa Tanammawang Kecamatan Bontoramba Kabupaten Jeneponto. Adapun batas sebelah barat dengan Desa Kareloe, sebelah timur dengan Desa Baraya dan Desa Lembangloe (Kabupaten Gowa), sebelah utara dengan Desa Lembangloe (Kabupaten Gowa) dan sebelah selatan dengan desa Baraya. Kordinat lokasi: 5°32'53.47"LS dan 119°41'51.05"BT.

Embung Kawari terletak pada Sungai Kawari yang merupakan anak sungai Bontoramba dan selanjutnya mengalir ke selatan ke aliran Sungai Taman Roya. Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

2.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menemukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Dalam pengumpulan data, peranan instansi yang terkait sangat diperlukan sebagai pendukung dalam memperoleh data-data yang diperlukan.

Data diperoleh menggunakan data-data yang pernah dicatat dan didesain oleh instansi yang berkepentingan dalam hal ini adalah dari Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Sulawesi Selatan Bidang Pengairan dan Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang. Data tersebut kemudian diolah menjadi data siap pakai yang nantinya menjadi masukan dalam analisa selanjutnya. Adapun data tersebut adalah:

- 1) Data hujan diambil dari stasiun pencatat yang berpengaruh pada daerah pengaliran Sungai

Kawari yaitu: Stasiun Topa/Tuju, Stasiun Paitana dan Stasiun Paladingan

- 2) Data Klimatologi Stasiun Gantinga
- 3) Peta lokasi dan peta topografi Embung Kawari
- 4) Laporan perencanaan Embung Kawari

2.3. Analisis Data

Tahapan analisa dalam penelitian ini, secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a) Menghitung Curah Hujan Bulanan Rata-Rata
 Dalam memperhitungkan hujan rerata polygon Thiessen pada daerah tangkapan yang ditinjau pada penelitian ini menggunakan bantuan software autocad dalam membuat polygon Thiessen daerah tangkapan dan untuk mengetahui luas daerah hujan pada setiap stasiun hujan yang berpengaruh terhadap DAS yang ditinjau [10].

- b) Menguji Konsistensi Data
 Dalam penelitian ini uji konsistensi data menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*).

- c) Menghitung Evapotranspirasi
 Perhitungan evapotranspirasi potensial dengan menggunakan Metode Penman modifikasi [11].

- d) Menghitung Debit Dari Data Hujan
 Perhitungan limpasan model NRECA dibagi menjadi dua bagian yaitu perhitungan limpasan langsung (*direct runoff*) dan air tanah yang menuju ke sungai (*Groudwater*) [11].

- e) Menghitung Debit Andalan
 Dalam menentukan besarnya debit andalan dengan peluang 80 % digunakan probabilitas Metode Weibull

- f) Menghitung Kebutuhan Air Baku
 - Analisis social merupakan aspek penting dalam menganalisis kebutuhan penyediaan di masa mendatang. Analisis sosial untuk masa mendatang dilaksanakan dengan dasar analisis pertumbuhan penduduk pada wilayah yang direncanakan [12]. Kebutuhan air 32ocial32c untuk kota dibagi dalam beberapa kategori dan kriteria.

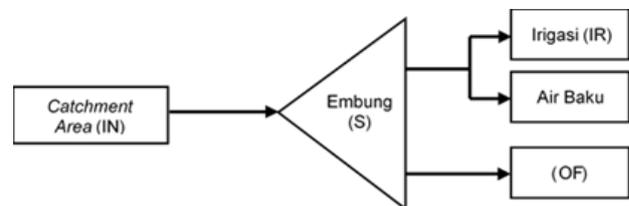
Perencanaan air bersih pada tiap – tiap kategori [13].

- Analisis 32ocial non 32ocial32c dilaksanakan dengan berpegangan pada analisis data pertumbuhan terakhir fasilitas – fasilitas 32ocial ekonomi yang ada pada wilayah perencanaan

- g) Meghitung Kebutuhan Air Irigasi
 Kebutuhan air irigasi dapat diketahui dengan menghitung kebutuhan air tanaman. Hasil perhitungan irigasi digunakan untuk menganalisis air, yaitu membandingkan debit air yang ada di sungai dengan kebutuhan air irigasi [14].

- h) Analisis Neraca Air
 Kondisi neraca air pada rencana Embung Kawari dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas.

- i) Optimasi Operasi Waduk
 Optimasi operasi waduk terhadap pemenuhan layanan air baku dan Irigasi dengan memaksimalkan pola tanam dan area layanan irigasi menggunakan metode solver. Skema sistem Embung seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema aliran rencana embung kawari

- dimana,
- IN : jumlah air yang masuk (inflow) ke dalam embung,
 - S : volume tampungan embung,
 - IR : jumlah air dari embung untuk keperluan irigasi,
 - OF : Outflow embung yang melewati spillway.

Debit outflow merupakan kelebihan debit setelah dimanfaatkan untuk irigasi serta tidak tertampung dalam embung. Outflow dilewatkan melalui pelimpah.

- j) Perumusan Komponen Model
 Model adalah sebuah istilah yang merupakan gambaran dari keadaan nyata dan menyatakan

hubungan fungsional langsung maupun tidak langsung, antara satu unsur dengan unsur lainnya yang membentuk satu sistem [15].

Dalam hal ini, komponen-komponen model dinyatakan dalam simbol-simbol matematis. Dengan konfigurasi tata air pada Embung Kawari seperti disajikan pada gambar di atas, dapat di definisikan komponen model sebagai berikut:

- 1) Inflow (IN) pada waktu $t = 1, 2, 3, \dots, n$
- 2) Kebutuhan air baku dan irigasi (IR) pada waktu $t = 1, 2, 3, \dots, n$
- 3) Luas lahan yang dipenuhi (A) pada waktu $t = 1, 2, 3, \dots, n$

Untuk lebih jelasnya, nilai-nilai variabel harus diolah sedemikian rupa agar nilai fungsi tujuan maksimum dan mempunyai fungsi kendala (*constrains*).

k) Fungsi Tujuan

Pada kajian ini tujuan yang akan dicapai adalah untuk mengoptimalkan ketersediaan air sehingga memperoleh jumlah layanan irigasi yang optimal. Fungsi tujuan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Z_{max} = (C_1 \times A_1) + (C_2 \times A_2) \quad (1)$$

Dimana, C_1 , C_2 adalah besarnya nilai parameter yang diperoleh dari hasil usaha pertanian per Ha dan A_1 , A_2 adalah luas lahan pada jenis tanaman.

l) Fungsi Kendala

Dalam analisa optimalisasi, sumber daya yang dianalisa tentu pada kondisi terbatas [16]. Keterbatasan sumber daya yang akan tersedia inilah yang dijadikan sebagai fungsi kendala. Jadi fungsi kendala berisi tentang batasan-batasan dalam melakukan optimalisasi.

Dalam studi ini ada beberapa sumber daya yang tersedia yang dibatasi, diantaranya adalah volume air yang tersedia dan luas lahan yang dapat ditanami.

Fungsi kendala dari Embung Kawari dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

- Luas lahan irigasi yang dipenuhi, $A_1 + A_2 \leq 380$ Ha (Kriteria A)
- Volume tampungan maksimum dari rencana Embung Kawari adalah 361211.7 m^3 (134.86 liter/ detik) dan volume tampungan minimumnya adalah 0 m^3 . Dimana $S_n \geq 0$

- Nilai outflow embung adalah lebih dari atau sama dengan nol
Jumlah air dari embung untuk keperluan air baku dan irigasi adalah indlow ditambah volume tampungan lebih besar atau sama dengan kebutuhan layanan air baku dan irigasi. Dimana $IN + S_n \leq IR_n$.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Data Hidrologi

Analisis hidrologi secara umum dilakukan guna mendapatkan karakteristik hidrologi daerah tangkapan air embung. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit atau potensi air yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya. Dalam analisis hidrologi, kelengkapan dan ketersediaan data hidrologi akan sangat berpengaruh terhadap keakuratan hasil perhitungan.

1) Ketersediaan Air

a) Data Hujan

Data hujan yang dianalisis pada kajian ini adalah data curah hujan yang berpengaruh pada DTA Embung Kawari yaitu stasiun Topa/Toju dan stasiun Paladingan. Data yang digunakan adalah hasil pencatatan dari tahun 1995 sampai dengan tahun 2019.

b) Rekapitulasi Hasil Perhitungan Debit Andalan

Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Dalam perencanaan proyek-proyek penyediaan air terlebih dahulu harus dicari debit andalan (*dependable flow*), yang tujuannya adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai [17].



Gambar 3. Debit andalan embung kawari

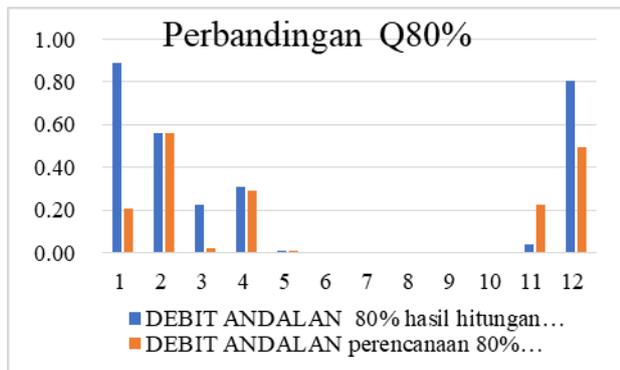


Debit tersebut digunakan sebagai patokan ketersediaan debit yang masuk ke waduk/embung pada saat pengoperasiannya. Untuk menghitung debit andalan tersebut, dihitung peluang 80 % dari debit infow sumber air pada pencatatan debit pada periode tertentu. Hasil rekapitulasi debit bulanan dapat dilihat pada Gambar 3.

3.2. Validasi Data Debit

Validitas data adalah serangkaian bentuk ketepatan atas derajat dalam variabel penelitian yang menghubungkan antara proses penelitian pada obyek penelitian dengan data-data yang dilaporkan oleh seorang peneliti [18].

Dalam hal ini kami selaku penulis memvalidasi data dari hasil penelitian kami dan data dari laporan perencanaan BBWS Pompengan Jeneberang, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan debit andalan hasil olahan data dan perencanaan

3.3. Kebutuhan Air

1) Kebutuhan air baku

Kebutuhan layanan air baku pada rencana pembangunan Embung Kawari berdasarkan hasil perhitungan proyeksi penduduk tahun 2029 adalah 55.45 l/detik yang melayani 37.967 masyarakat di kecamatan Bontoramba.

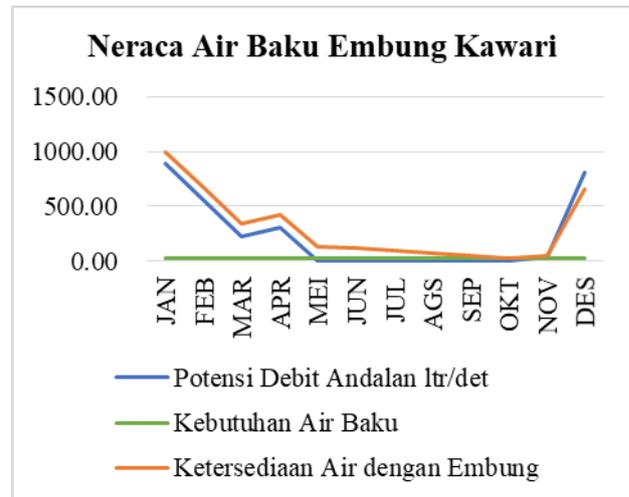
2) Kebutuhan air irigasi

Analisa kebutuhan air irigasi dimaksudkan untuk menentukan besarnya debit air yang dibutuhkan untuk daerah irigasi dalam rangka pemenuhan kebutuhan tanaman agar dapat tumbuh maksimal.

Curah hujan efektif adalah curah hujan yang jatuh pada suatu daerah dan dapat dipergunakan oleh tanaman untuk pertumbuhannya.

3.4. Neraca Air Embung Kawari

Neraca air dimaksudkan untuk menghitung besarnya aliran air yang masuk dan keluar dari sebuah sistem. Sistem tersebut dapat berupa kolam tanah atau wilayah aliran sungai [19]. Dalam perhitungan ini maka konsep perhitungan didasarkan pada debit masuk (*infow*). Yang berasal dari debit andalan sungai Kawari dan debit keluar untuk kebutuhan air baku. Neraca air dengan embung yang mampu melayani 15.778 penduduk dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Neraca air baku embung kawari

3.5. Model Optimasi

Berdasarkan data Neraca air diatas terdapat kelebihan air pada bulan desember sampai dengan bulan april sehingga kelebihan air tersebut dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan layanan irigasi. Kelebihan air pada bulan desember yaitu 658,07 l/ detik, januari 1101,92 l/ detik, february 669,92 l/ detik, maret 336 l/ detik, dan april 421,24 l/ detik. Kelebihan air tersebut akan dioptimasi dengan menggunakan 2 kriteria yaitu kriteria A dengan batasan luas layanan dan kriteria B tanpa batasan luas layanan.

Dan yang menjadi variabel A_1 adalah luas layanan irigasi untuk tanaman Padi dan Variabel A_2 adalah luas layanan irigasi untuk tanaman jagung. Yang menjadi fungsi tujuan adalah keuntungan bersih dari tanaman padi dan jagung. Untuk formula dari Z_{max} adalah (Fungsi tujuan untuk tanaman padi x A_1) + (Fungsi tujuan untuk tanaman jagung x A_2), dan Untuk formula dari fungsi kendala adalah sebagai berikut:

1. ((Jumlah kebutuhan air bulanan untuk tanaman padi x A₁) + (Jumlah Kebutuhan air bulanan untuk tanaman jagung x A₂)) ≤ Surplus Air bulanan (desember sampai april).
2. Jumlah Kapasitas tampungan bulanan (januari sd desember) ≥ 0
3. Luas layanan untuk Kriteria A yaitu: (A₁+A₂) ≤ 380 Ha

3.6. Hasil Optimasi

Berdasarkan hasil analisa debit andalan, kebutuhan air baku dan kebutuhan irigasi kami melakukan optimasi untuk mengetahui kemampuan embung dalam memaksimalkan

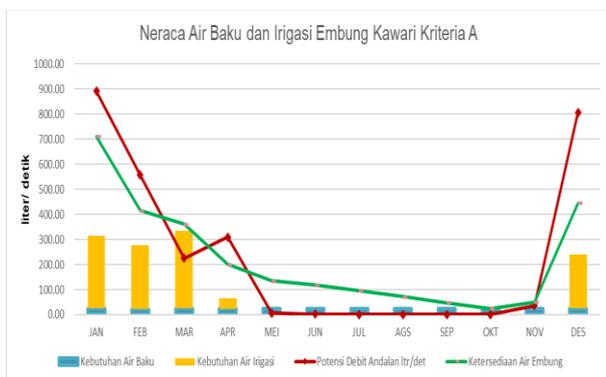
pelayanan terhadap irigasi. Dalam melakukan optimasi kami menetapkan dua Kriteria yaitu Kriteria A dengan tambahan batasan luas layanan irigasi dan Kriteria B tanpa batasan luas layanan irigasi.

1) Optimasi Kriteria A

Untuk memaksimalkan penggunaan lahan pada layanan irigasi maka dibuat pemodelan layanan optimasi kriteria A dengan tambahan batasan luas area layanan yaitu maksimal penggunaan lahan 380 Ha. Hasil optimasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan neraca air embung kawari kriteria A pada Gambar 6.

Tabel 1. Hasil optimasi kriteria A

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
Potensi Debit Andalan ltr/det	891.31	556.96	225.39	309.85	6.49	2.59	0.02	0.00	0.00	0.00	36.67	806.12
Kebutuhan Air Baku dan Irigasi	315.41	277.20	334.84	65.55	24.25	23.47	24.25	24.25	23.47	24.25	23.47	238.84
Kebutuhan Air Irigasi	291.16	255.29	310.59	42.08								214.58
Kebutuhan Air Baku	24.25	21.91	24.25	23.47	24.25	23.47	24.25	24.25	23.47	24.25	23.47	24.25
Ketersediaan Air Embung	710.76	414.63	360.25	200.41	134.86	117.09	96.21	71.98	47.72	24.25	49.86	445.62
Surplus/ Defisit	575.90	279.77	25.41	134.86	117.09	96.21	71.98	47.72	24.25	0.00	13.20	567.28



Gambar 6. Neraca air embung kawari kriteria A

Berdasarkan Tabel 1 maka diperoleh tambahan luas layanan irigasi untuk tanaman padi

yaitu 316.13 Ha, dan untuk tanaman jagung yaitu 63.87 Ha, dan keuntungan dari sektor pertanian sebesar Rp 7.447.434.604,00. Hasil optimasi menunjukkan bahwa intensitas tanam terjadi sebesar 100%.

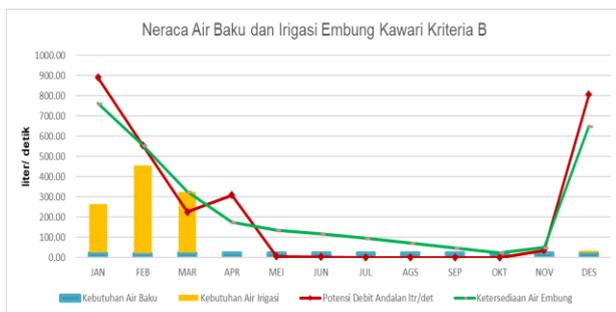
2) Optimasi Kriteria B

Untuk memaksimalkan Ketersediaan air pada embung maka dibuat pemodelan layanan optimasi kriteria B dengan menghilangkan batasan luas area layanan, Hasil optimasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan neraca air Embung Kawari kriteria B pada Gambar 7.

Tabel 2. Hasil optimasi kriteria B

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
Potensi Debit Andalan ltr/det	891.31	556.96	225.39	309.85	6.49	2.59	0.02	0.00	0.00	0.00	36.67	806.12
Kebutuhan Air Baku dan Irigasi	263.87	456.77	325.59	23.47	24.25	23.47	24.25	24.25	23.47	24.25	23.47	33.79
Kebutuhan Air Irigasi	239.62	434.86	301.33	0.00								9.54
Kebutuhan Air Baku	24.25	21.91	24.25	23.47	24.25	23.47	24.25	24.25	23.47	24.25	23.47	24.25
Ketersediaan Air Embung	762.30	556.96	325.59	174.99	134.86	117.10	96.21	71.98	47.73	24.26	49.86	650.66
Surplus/ Defisit	627.44	100.19	0.00	151.52	117.10	96.21	71.98	47.73	24.26	0.00	13.20	772.33





Gambar 7. Neraca air embung kawari kriteria B

Berdasarkan Tabel 2 maka diperoleh tambahan luas layanan irigasi untuk tanaman jagung yaitu 697,35 Ha, dan keuntungan dari sektor pertanian sebesar Rp 11.694.575.287,00. Hasil optimasi menunjukkan bahwa intensitas tanam terjadi sebesar 184%.

3.7. Pembahasan

Setelah melakukan optimasi dengan 2 (dua) kriteria, kami mendapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) Kriteria A: Multi Purposes (Irigasi untuk layanan tanaman padi dan jagung 1 MT seluas 640 Ha; 316,13 Ha untuk padi dan 63,87 Ha untuk jagung dengan intensitas tanam sebesar 100% dan layanan air baku untuk 15.778 orang.
- 2) Kriteria B: Multi Purposes (Irigasi untuk layanan tanaman jagung 1 MT seluas 697,35 Ha dengan intensitas tanam sebesar 184%, dan layanan air baku untuk 15.778 orang.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

- 1) Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan dapat disimpulkan Embung Kawari mampu memenuhi layanan kebutuhan air baku sebesar 15.778 orang atau 42% dari jumlah penduduk di tahun 2029 yaitu 37.967 orang.
- 2) Berdasarkan hasil optimasi, terdapat tambahan layanan irigasi pada Embung Kawari yang memberikan intensitas tanam terbesar yaitu pada kriteria B dengan tanaman Jagung seluas 697,35 Ha dengan intensitas tanam sebesar 184%.

4.2. Saran

- 1) Dalam melakukan penelitian data-data yang diperlukan sebaiknya diperoleh terlebih dahulu agar tidak menghambat dan penelitian dapat dilakukan dengan waktu yang singkat.

- 2) Untuk memenuhi kebutuhan air di kecamatan bontoramba tahun 2029 agar memanfaatkan potensi air yang lain.

Referensi

- [1] P. S. Nurjannah, "Analisis Kapasitas Tampungan Embung Muaro Jambi," Universitas Islam Indonesia, 2015.
- [2] Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005, "Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum," Jakarta, 2005.
- [3] L. W. Mays, *Water Resources Systems Management Tools*. New York: McGraw-Hill Education.
- [4] Soedibyo, *Perencanaan Bendungan*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1998.
- [5] A. Prawito, "Studi optimasi Embung Tlogo di Kabupaten Rembang," *Neutron*, vol. 10, no. 2, pp. 32–41, 2010.
- [6] S. Ginting, "Optimasi Pemanfaatan Air Embung Kasih Untuk Domestik Dan Irigasi Tetes," *J. Irig.*, vol. 13, no. 1, pp. 41–54, 2018.
- [7] M. Zakwan and M. Muzzammil, "Developing stage-discharge relations using optimization techniques," *Aquademia Water, Environ. Technol.*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [8] M. Zakwan, "Application of optimization technique to estimate IDF parameters," *Water Energy Int.*, vol. 59, no. 5, pp. 69–71, 2016.
- [9] A. F. Azis, "Optimasi Pola Operasi Waduk Bili-Bili dan Model Simulasi Untuk Memenuhi Kebutuhan PLTA," Universitas Hasanuddin, 2019.
- [10] Br. Sri Harto, *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- [11] S. Imam, *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma, 1980.
- [12] Muliakusuma, *Proyeksi Penduduk*. Jakarta: Lembaga Demografi FEUI, 1981.
- [13] Anonim, *Kriteria Perencanaan Pengolahan Air*. Ditjen Cipta Karya DinasPekerjaan Umum, 1996.
- [14] S. N. Putri, "Tinjauan Ulang Optimasi Tampungan Embung Bisok Bokah Untuk Keperluan Air Irigasi di Kecamatan Kopang Kabupaten Lombok Tengah," Universitas Mataram, 2016.
- [15] A. Bagiawan, "Perhitungan Kebutuhan Kapasitas Tampung Bagi Rencana Pengembangan Areal Layanan Irigasi Dari Bendung Perjaya-Sumatera Selatan Dengan Metode Numerik dan 'Sequent Peak,'" *J. Irig.*, vol. 8, no. 1, 2013.
- [16] D. Yulianto and H. Satupa, *Riset Operasi Dengan Excel*. Yogyakarta: Andi, 2005.
- [17] C. Soemarto, *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga, 1995.
- [18] Sugiyono, *memahami penelitian kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2012.
- [19] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.