

Analisis tingkat keandalan Bendungan Bendo Ponorogo

Mokhammad Zaki Setiawan¹, Sri Amini Yuni Astuti^{1,*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Dam
Water availability
Water balance
Level of reliability

Corresponding Author:

Sri Amini Yuni Astuti
amini_yuni@uii.ac.id

Abstract

Population growth which increases every year affects water demand, resulting in an imbalance between water availability and water demand. With the construction of the Bendo Dam, it is hoped that it will be able to accommodate river flow and rainwater that falls on the dam so that it can be used to meet the irrigation water needs of rice fields and the community's raw water needs throughout the year. This calculation includes hydrological analysis, dam characteristics analysis, water availability analysis using the F.J. Mock, water demand analysis and reliability analysis. Dam reliability analysis is obtained from water balance simulations and the dam's level of reliability to serve the community's water needs. The dam storage capacity is 43,114,234.00 m³ with live storage of 33,938,148.00 m³ and dead storage of 9,176,086.00 m³. The level of reliability of the Bendo Dam to meet raw water needs with 10 years projection until 2031 and irrigation water needs with a rice field area of 3299 ha obtained an average level of reliability of 26.69%. The average level of reliability is still very low, only part of it can be served, so optimization needs to be done to get a reliability level of 100%. The optimization level of reliability is obtained if the water requirement is only to serve the projected raw water needs for 2031 with a population of 230,154 people in 3 sub-districts (namely Sawoo Subdistrict, Mlarak Subdistrict, and Badegan Subdistrict), and serving irrigation needs with a rice field area of 600 ha.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup dan bersifat permanen jika dikelola dengan baik dan efisien. Namun dengan pertambahan jumlah dan perkembangan penduduk yang cukup pesat, maka pemanfaatan sumber air tersebut menjadi terbatas. Oleh karena itu diperlukan perencanaan sumber daya air yang memadai sehingga dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Kabupaten Ponorogo mempunyai potensi sumber daya air permukaan yang bagus seperti Sungai-sungai Bendo dan Sungai Madiun, beserta anak - anak sungainya. Namun demikian bangunan sarana penunjang pemanfaatan sumber daya air masih perlu ditingkatkan lagi.

Bendungan merupakan suatu bangunan yang berfungsi untuk menahan dan menampung air pada musim hujan dan dapat difungsikan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada sawah dan keperluan air baku masyarakat disepanjang tahun.

Lokasi Bendungan Bendo terletak di Sungai Kali Keyang atau juga dikenal dengan nama Kali Ngindeng di Dusun Bendo, Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo. Lokasi Bendungan Bendo secara morfologi merupakan daerah perbukitan bergelombang, dengan ketinggian berkisar antara elevasi +150 m sebagai dasar Sungai Keyang, sampai elevasi +450 m, yaitu daerah Gunung Tumpak Bengle di sebelah selatan rencana lokasi bendungan. Daerah ini sering mengalami kekeringan pada saat musim kemarau dan banjir saat musim hujan. Selain

itu juga pertumbuhan penduduk yang meningkat setiap tahunnya sehingga mempengaruhi kebutuhan air yang mengakibatkan ketidakseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air.

Pembangunan Bendungan Bendo ini merupakan upaya untuk penyimpanan air tanah dan air hujan serta untuk mengembangkan daerah Kabupaten Ponorogo yang berkaitan dengan pengembangan sumber daya air, guna memenuhi berbagai keperluan masyarakat, seperti penyediaan air irigasi seluas 3299Ha, air baku untuk kebutuhan masyarakat baik kebutuhan air domestik maupun non domestik. Proyek Bengawan Solo sebagai pemrakarsa proyek merencanakan pembangunan Bendungan Bendo yang berfungsi untuk meningkatkan ketersediaan air baku penduduk dan meningkatkan intensitas tanam padi kota Ponorogo.

Berdasarkan hal di atas, maka diperlukan studi untuk menganalisis tingkat keandalan Bendungan Bendo dalam melayani kebutuhan air baku dan air irigasi di Kabupaten Ponorogo agar pemanfaatan air dapat lebih optimal.

Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu mengenai metode F.J. Mock adalah sebagai berikut.

Mauliza, H (2020) melakukan penelitian studi potensi SDA pada Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang untuk pengendalian banjir, pengadaan air bersih dan PLTA. Hasil yang didapatkan dari analisis ini adalah debit banjir metode HSS Nakayasu periode 1000 tahun sebesar inflow 840,606 m³/s, analisis *flood routing outflow* maksimum yang melewati pelimpah 761,961 m³/s pada elevasi 250,229 m dengan tinggi jagaan 3,271 m. Debit *inflow* rata-rata 5,01 m³/s dan debit *outflow* rata-rata 4,76 m³/s berdasarkan perhitungan debit *F.J Mock*. Debit penyediaan air bersih sebesar 4,6839 m³/s. Bendungan ini hanya memiliki satu inlet pengambil penyediaan air untuk PLTA

yang dapat membangkitkan daya listrik sebesar 2,1 MW dan energi listrik mencapai 18396 MWh. Berdasarkan hasil perhitungan tampungan *mass source* untuk memenuhi permintaan, volume penyimpanan waduk adalah 88,431 juta m³, namun berdasarkan hubungan antara luas muka air, volume, dan elevasi, tampungan Bendungan Lau Simeme hanya 21,07 juta m³.

Osly, P.J dkk (2018) melakukan analisis kebutuhan dan ketersediaan air Kabupaten Manokwari dengan Model Mock. Hasil dari penelitian ini diperoleh debit andalan tahunan dengan kemungkinan terpenuhi 50% adalah sebesar $Q = 178.352$ (m³/det) dan debit andalan 80% sebesar $Q = 152.405$ (m³/det). Potensi kebutuhan air Kabupaten Manokwari pada tahun 2018 adalah sebesar 398.570.549 m³, sehingga Kabupaten Manokwari memiliki surplus air baku yang dapat lebih dimanfaatkan.

Nuramini, T M (2017) melakukan penelitian studi optimasi pola pengoperasian Waduk Bajulmati. Hasil yang didapat adalah debit tersedia bangkitan data FJ Mock (*inflow*) selama tahun 2017-2036 didapatkan nilai debit tersedia terbesar 15,773 m³/detik dan debit tersedia terkecil adalah 0,002 m³/detik, besar kebutuhan air irigasi di Daerah Irigasi (DI) Bajulmati maksimum untuk padi sebesar 1389,89 liter/detik dan palawija sebesar 62,44 liter/detik, besar kebutuhan air baku pada kondisi normal sebesar 107,28 liter/detik, pada kondisi hari maksimum sebesar 123,37 liter/detik, dan pada kondisi jam puncak sebesar 187,74 liter/detik. Kemudian dari perhitungan produksi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLMH) dengan menggunakan debit andalan 95% sebesar 1,177 m³/detik, didapatkan daya listrik yang dihasilkan sebesar 350,9 kW.

Landasan Teori

Bendungan

Bendungan adalah sarana pemanfaatan sumber daya air yang berfungsi sebagai penyimpan dan penyedia air, baik sebagai

kebutuhan air irigasi maupun untuk air baku. Bendungan dapat menampung kelebihan air pada masa- masa aliran air tinggi kemudian digunakan selama masa kekeringan. Selain untuk menampung air bendungan juga berfungsi menahan banjir sehingga memperkecil kerusakan banjir di hilir bendungan.

Berdasarkan kegunaan tersebut maka potensi bendungan dalam menampung air dapat dibedakan menjadi 3 bagian (*zone*), terdiri dari (1) Kapasitas mati (*dead storage zone*) digunakan untuk menampung sedimen, (2) Kapasitas efektif (*effective/usefull storage*) yaitu kapasitas yang digunakan untuk konservasi sumber air (penyediaan air baku, irigasi, dll), sehingga setiap pemanfaatan bendungan dapat memenuhi kapasitas efektif bendungan, dan (3) Kapasitas penahan banjir (*flood control*) merupakan kapasitas bendungan yang bertujuan menahan kelebihan air guna mengurangi potensi kerusakan akibat banjir.

Berdasarkan fungsinya, bendungan diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu bendungan eka guna (*single purpose*) dan bendungan multi guna (*multi purpose*). Bendungan eka guna yaitu bendungan yang hanya dioperasikan untuk memenuhi satu kebutuhan saja, seperti untuk kebutuhan air irigasi, kebutuhan air baku, atau PLTA. Pengoperasian bendungan lebih mudah karena tidak adanya konflik kepentingan di dalamnya, hanya mempertimbangkan pemenuhan satu kebutuhan.

Bendungan multi guna yaitu bendungan yang berfungsi untuk memenuhi berbagai kebutuhan, seperti untuk memenuhi kebutuhan air irigasi, air baku, dan PLTA. Kombinasi dari kebutuhan ini dimaksudkan dapat mengoptimalkan fungsi bendungan dan meningkatkan kelayakan pembangunan suatu bendungan.

Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang sistem kejadian air di

atas permukaan dan di dalam tanah atau di bawah permukaan. Hidrologi meliputi berbagai bentuk air, termasuk transformasi antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Mencakup air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di bumi. Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya dan hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008).

Evapotranspirasi

Menurut Triatmodjo (2008), evapotranspirasi adalah evaporasi dari permukaan lahan yang ditumbuhi tanaman. Berkaitan dengan tanaman, evapotranspirasi adalah sama dengan kebutuhan air konsumtif yang didefinisikan sebagai penguapan total dari lahan dan air yang diperlukan oleh tanaman. Dalam praktik hitungan evaporasi dan transpirasi dilakukan secara bersama-sama. Evapotranspirasi dipengaruhi oleh faktor tanaman dan iklim, sehingga pada setiap daerah dan setiap tanaman mempunyai nilai tertentu. Faktor tanaman tersebut dipengaruhi oleh jenis tanaman, varietas tanaman, dan umur pertumbuhan tanaman. Sedangkan faktor iklim dipengaruhi oleh suhu, kecerahan matahari, kelembaban udara relatif, dan kecepatan angin.

Metode FJ Mock

F.J. Mock pada tahun 1973 mengusulkan suatu model simulasi keseimbangan air bulanan untuk daerah pengaliran di Indonesia. Model perhitungan ini didapat dari hujan, evapotranspirasi, tanah dan tampungan air tanah (Satriyo, 2022).

Metode ini menganggap bahwa hujan yang jatuh pada *catchment* sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi *direct run off* dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah (infiltrasi). Infiltrasi ini pertama-tama akan

menjenuhkan *top soil* dulu baru kemudian menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai *base flow*. Dalam hal ini harus ada keseimbangan antara hujan yang jatuh dan evapotranspirasi, *direct run off* dan infiltrasi sebagai *soil moisture* dan *ground water discharge*. Aliran dalam sungai adalah jumlah aliran yang langsung dipermukaan tanah (*direct run off*) dan *base flow*.

Apabila data debit terukur tidak ada, maka nilai 6 parameter DAS dicoba-ulang agar perubahan air di zona permukaan dan di akuifer mendekati nol (0), dengan asumsi sesuai siklus hidrologi dalam setahun (kondisi awal Januari = akhir Desember) (Jayadi, 2021).

Debit Andalan

Debit andalan merupakan besarnya debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Tujuan penetapan debit andalan adalah untuk menentukan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai (Soemarto C., 1987). Semakin besar angka keandalan maka semakin kecil debit yang dihasilkan. Misal ditetapkan debit andalan 80% berarti akan dihadapi resiko adanya debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20%.

Langkah untuk menentukan debit andalan yaitu dengan mengurutkan debit yang ada dari nilai terbesar hingga terkecil. Perhitungan dilakukan dengan metode ahun dasar (*basic year*), yaitu mengambil suatu pola debit dari tahun ke tahun tertentu pada setiap kondisi keandalan debit. Perhitungan dapat dilakukan dengan metode dari Weillbull sebagai berikut (Fachrurrozi, 2017).

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

Kebutuhan Air Baku

Proyeksi kebutuhan air baku dapat ditentukan dengan memperhatikan pertumbuhan penduduk untuk diproyeksikan sampai dengan lima puluh tahun mendatang

atau tergantung dari proyeksi yang dikehendaki (Soemarto, 1999). Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk menggunakan metode geometrik. Rumus dari metode geometrik tersebut yaitu (Azizah, 2016):

$$P_n = (P_0 + (1 + r))^n \quad (2)$$

$$r = \left(\frac{P_n}{P_0}\right)^{\left(\frac{1}{t}\right)} - 1 \quad (3)$$

Keterangan: P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n, P_0 = jumlah penduduk pada awaltahun, r = laju pertumbuhan penduduk, n = jangka waktu tahun data.

Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah jumlah volume air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi, kehilangan air, kebutuhan air untuk tanaman dengan memperhatikan jumlah air yang diberikan oleh alam melalui hujan dan kontribusi air tanah (Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01, 2013).

Neraca Air

Neraca air merupakan keseimbangan antara jumlah air yang masuk (*inflow*) dan keluar (*outflow*) di suatu wilayah untuk periode tertentu dari proses sirkulasi air. Penghitungan neraca air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air baku atau tidak. Jika hasil perhitungan neraca air positif menandakan terjadi kelebihan air, sedangkan jika negatif menandakan terjadinya kekurangan air. Rumus neraca air secara umum dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$I = O \pm \Delta S \quad (4)$$

$$I_n - O_n = S_{n+1} - S_n \quad (5)$$

$$S_{n+1} = S_n + I_n - O_n \quad (6)$$

Keterangan: S_n = volume tampungan awal periode ke n , S_{n+1} = volume tampungan awal periode ke $n+1$, I_n = volume air yang masuk bendungan terdiri dari mata air dan air hujan dikurangi dengan penguapan dan rembesan periode ke- n , O_n = volume air yang

keluar bendungan bulan ke n (pelayanan untuk air baku dan irigasi).

Tingkat Keandalan Bendungan

Simulasi operasi bendungan bertujuan untuk melihat sejauh mana tingkat keandalan yang terjadi dari sistem pengoperasian bendungan dalam memenuhi kebutuhan pelayanannya.

Tingkat Keandalan bendungan dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$TK = \frac{\text{Kebutuhan yg terlayani}}{\text{Kebutuhan total}} \times 100\% \quad (7)$$

Metode Penelitian

Pengumpulan data yang dilakukan antara lain dengan cara sebagai berikut ini. Data curah hujan yang digunakan merupakan data hujan dari satu stasiun pengukur hujan di sekitar lokasi pembangunan Bendungan Bendo. Data curah hujan tahunan, bulanan, harian yang digunakan selama 10 tahun dari tahun 2012-2021 dengan stasiun pencatat hujan yaitu Stasiun Sooko yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum BBWS Bengawan Solo. Data klimatologi digunakan untuk menghitung besar evapotranspirasi yang terjadi. Terdapat beberapa data yang diperlukan diantaranya lamanya penyinaran matahari, suhu relatif, kelembaban relatif, dan kecepatan angin. Data pola tanam digunakan untuk menghitung kebutuhan irigasi setelah diketahui besarnya evapotranspirasi. Data jumlah penduduk diperlukan untuk menghitung jumlah kebutuhan air baku.

Tahapan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan yaitu sebagai berikut.

1. Tahapan pengumpulan data curah hujan Stasiun Sooko tahun 2012-2021, data Klimatologi Stasiun Jiwan tahun 2021,

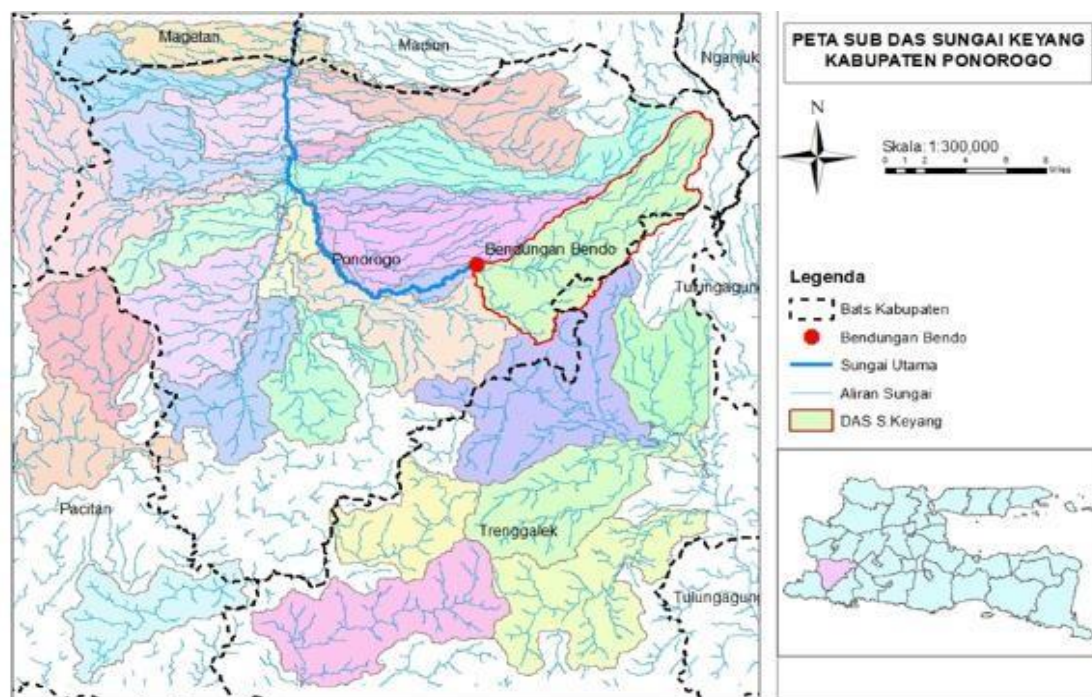
data jumlah penduduk, dan data luas sawah.

2. Analisis curah hujan menggunakan data pada Stasiun Sooko, kemudian dilakukan perhitungan hujan andalan.
3. Analisis evapotranspirasi menggunakan metode Penman Modifikasi.
4. Analisis debit tersedia pada bendungan dengan metode F.J. Mock. Tidak dilakukan kalibrasi karena tidak ada debit terukur di lokasi Bendungan Bendo. Dilakukan pendekatan anggapan atau asumsi bahwa dalam siklus tahunan, perubahan air di zona permukaan dan di akuifer mendekati nol. Parameter DAS pada metode ini dicoba-coba sampai terpenuhi asumsi tersebut.
5. Analisis kebutuhan air irigasi disesuaikan dengan data pola tanam eksisting dan dihitung berdasarkan Standar Perencanaan Irigasi KP-01.
6. Analisis kebutuhan air baku terbagi menjadi kebutuhan air domestik dan non domestik. Kebutuhan air baku disesuaikan dengan data jumlah penduduk.
7. Analisis perhitungan neraca air tampungan Bendungan Bendo
8. Analisis tingkat keandalan Bendungan Bendo

Analisis dan Pembahasan

Daerah Aliran Sungai (DAS)

Berdasarkan analisis DAS pada *software Global Mapper*, didapatkan luas Sub DAS Keyang sebesar 129,94 km². Gambar peta Sub DAS Keyang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Peta Sub DAS Keyang (Sumber: Global Mapper)

Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan yang dipakai dalam penelitian ini adalah data curah hujan harian pada stasiun Sooko selama 10 tahun dari 2012 sampai 2021. Kemudian data harian dijumlahkan dari tanggal 1 sampai tanggal

15 sehingga diperoleh nilai hujan tengah bulan periode ke 1 dan tanggal 16 sampai tanggal terakhir sehingga diperoleh nilai hujan tengah bulan periode ke 2.

Evapotranspirasi

Metode perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode Penman Modifikasi. Data yang diperlukan untuk menghitung evapotranspirasi dengan metode Penman Modifikasi adalah data temperatur, kelembapan udara, kecepatan angin, dan lama penyinaran matahari.

Dalam penelitian ini analisis evapotranspirasi menggunakan data dari Stasiun Jiwan. Selanjutnya perhitungan menggunakan metode Penman modifikasi untuk periode 15 harian.

Debit Model FJ Mock

Debit model F.J. Mock dapat dihitung dengan menggunakan nilai pendugaan parameter DAS yang didapat dari proses *solver* pada *excel*, agar perubahan air di zona permukaan dan di akuifer mendekati nol (0), dengan asumsi sesuai siklus hidrologi dalam setahun (kondisi awal Januari = akhir Desember). Berikut ini merupakan perhitungan nilai parameter DAS.

Tabel 1. Parameter DAS

ParameterDAS	Min	Opt	Maks
Luas DAS (A)		129,94 (Km ²)	
WIC	0,35	0,51	0,75
DIC	0,5	0,51	1
ISM	30 mm	365 mm	365 mm
SMC	100 mm	365 mm	365 mm
IGWS	50	125,61	2000
k	0,75	0,91	1

Debit Andalan

Dari debit FJ Mock, dihitung debit andalan probabilitas 90 %, untuk ketersediaan airnya. Rekapitulasi debit andalan dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Debit Andalan (m³/s)

Jan-1	Jan-2	Feb-1	Feb-2
3,15	2,38	1,78	2,92
Mar-1	Mar-2	Apr-1	Apr-2
1,93	3,18	5,80	3,60
Mei-1	Mei-2	Jun-1	Jun-2
3,68	2,21	2,14	2,77
Jul-1	Jul-2	Ags-1	Ags-2
2,33	1,98	1,92	1,64
Sep-1	Sep-2	Okt-1	Okt-2
1,58	1,44	1,31	1,11
Nov-1	Nov-2	Des-1	Des-2
1,08	0,98	0,89	0,97

Kebutuhan Air Baku

Menurut BPS Kab. Ponorogo (2022), jumlah penduduk Kabupaten Ponorogo tahun 2012 dan tahun 2021 adalah 861.806 jiwa dan 955.839 jiwa. Maka proyeksi 10 tahun mendatang yaitu sampai tahun 2031 diperoleh jumlah penduduk sebesar 1.689.462,39 jiwa.

Perhitungan kebutuhan air baku didasarkan pada Ditjen Cipta Karya PU (1996), yang diperoleh kebutuhan air baku totalnya adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Kebutuhan Air Baku Total (m³)

Tahun	Kebutu- an Air Baku	Tahun	Kebutu- an Air Baku
2021	181.849,15	2026	211.419,84
2022	183.998,58	2027	224.088,25
2023	187.898,09	2028	239.694,71
2024	193.587,22	2029	258.963,86
2025	201.376,06	2030	282.465,11
		2031	311.339,76

Kebutuhan Air Irigasi

Sistem irigasi Bendo terdiri dari 3 daerah irigasi (DI) yaitu DI Ngindeng dengan luas 113 ha, DI Tambakwatu dengan luas 597 ha, dan DI Kori dengan luas 2.589 ha. Sehingga total luas daerah irigasi adalah 3.299 ha yang akan dilayani Bendungan Bendo dengan pola padi-padi-palawija. Diperoleh debit terbesar terjadi pada bulan November periode I sebesar 6,89 m³/s dan debit terkecil terjadi pada bulan Februari periode I sebesar 1,04 m³/s.

Luas dan Volume Tampungan

Data kapasitas tampungan efektif bendungan Bendo dapat dilihat sebagai berikut (Busiri, dkk, 2016).

Elevasi tampungan muka air terendah berada pada elevasi +188,00 m, didapatkan:

Tampungan efektif = 33.938.148,00 m³

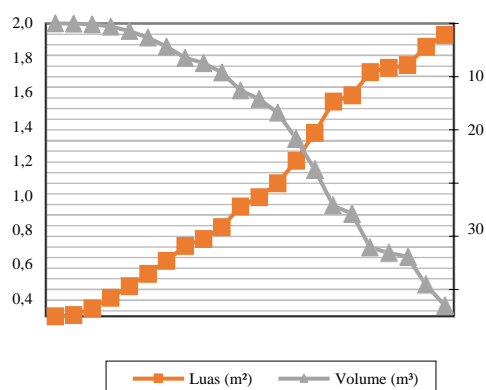
Tampungan kotor = 43.114.234,00 m³

Tampungan mati = 9.176.086,00 m³

El. MAN = 218,60 m

El. puncak Dam = 224,00 m

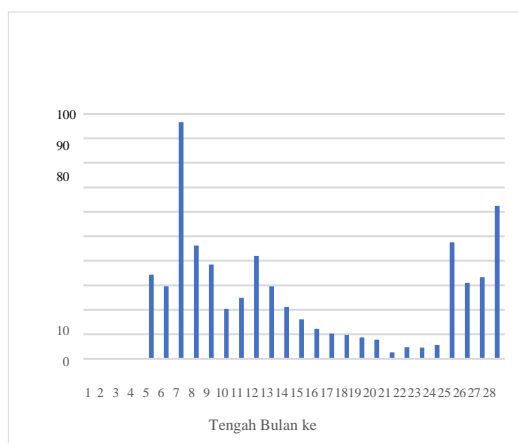
Grafik hubungan Luas permukaan tampungan dan Volume tampungan Bendungan Bendo nampak pada Gambar 2, di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Hubungan Luas dan Volume Bendungan Bendo

Neraca Air dan Tingkat Keandalan

Neraca air untuk perencanaan bendungan untuk melayani kebutuhan air baku dan air irigasi. Jumlah penduduk dengan proyeksi 10 tahun adalah 1.689.462,39 jiwa dan luas sawah yang akan dilayani adalah 3299 ha. Tingkat keandalan pelayanan kebutuhan airnya adalah seperti pada Gambar 3, di bawah ini. Tingkat keandalan reratanya adalah sebesar 26,69 %.



Gambar 3. Tingkat Keandalan Bendungan Bendo

Tingkat Keandalan Optimasi

Pada perhitungan sebelumnya menunjukkan bahwa nilai tingkat keandalan masih rendah yaitu 26,69 %, sehingga perlu dilakukan perhitungan optimasi.

Pada simulasi neraca air untuk optimasi ini, jumlah penduduk dibatasi dengan 230.154 jiwa yaitu untuk Kecamatan Sawoo, Kecamatan Mlarak, dan Kecamatan Badegan, sehingga diperoleh jumlah kebutuhan air baku pada tahun 2031 sebesar 30.380,34 m³.

Perhitungan kebutuhan air irigasi dengan luas sawah yang akan dilayani adalah 600 ha, diperoleh debit terbesar terjadi pada bulan November periode I sebesar 1,25 m³/s dan debit terkecil terjadi pada bulan Februari periode I sebesar 0,19 m³/s. Tingkat keandalan untuk optimasi diperoleh hasil 100% pada setiap bulannya.

Pembahasan

Pada penelitian ini, analisis ketersediaan airnya menggunakan metode FJ Mock, demikian juga pada ketiga penelitian terdahulu, yaitu Mauliza, H (2020), Osly PJ dkk (2018) dan Nuramini, TM (2017). Hal tersebut karena metode FJ Mock dikenal cukup baik dalam memodelkan hujan menjadi aliran di suatu DAS.

Pada analisis ketersediaan air, debit terukur dari Sungai Keyang tidak ada sehingga perhitungan Metode F.J Mock menggunakan asumsi perubahan air di zona permukaan dan di akuifer mendekati nol (0), sesuai siklus hidrologi dalam setahun (kondisi awal Januari = akhir Desember).

Perhitungan pada tahun 2012 dilakukan dengan memasukkan parameter DAS dan dihitung secara *trial and error* agar perubahan air di zona permukaan dan di akuifer mendekati 0. Dari nilai parameter tersebut diperoleh nilai *inflow – outflow* dan perubahan *upper zone soil moisture* sebesar 0 mm, serta nilai perubahan *groundwater storage* sebesar 1 mm. Parameter tersebut dipakai untuk perhitungan ketersediaan pada tahun-tahun selanjutnya sampai tahun 2021.

Kapasitas tampungan mati Bendungan Bendo dari data yang sudah ada sebesar 9.176.086,00 m³. Analisis neraca air dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan Bendungan Bendo. Analisis neraca air dilakukan dengan *outflow* dari kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun yaitu tahun 2031. Analisis neraca air dengan *outflow* yang diambil dari kebutuhan air baku dan air irigasi diperoleh nilai keandalan reratanya adalah 26,69 %. Sehingga kebutuhan air baku untuk 1.689.462,39 jiwa dan kebutuhan air irigasi dengan luas sawah 3299 ha dalam satu tahun tidak dapat terpenuhi.

Pada analisis neraca air untuk optimasi, luas sawah untuk kebutuhan air irigasi yang terpenuhi adalah 600 ha, dan jumlah penduduk menjadi 230.154 jiwa (3 kecamatan). Dari analisis tersebut diperoleh keandalan sebesar 100% pada setiap bulannya, yang artinya ketersediaan air pada Bendungan Bendo dapat memenuhi kebutuhan air baku dan kebutuhan air irigasi pada setiap bulannya.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ketersediaan air Bendungan Bendo hanya cukup untuk melayani kebutuhan penduduk proyeksi tahun 2031 di 3 kecamatan (yaitu

Kecamatan Sawoo, Kecamatan Mlarak dan Kecamatan Badegan) dan melayani kebutuhan irigasi seluas 600 ha saja. Dengan demikian, untuk melayani kebutuhan air di kecamatan yang lain dan untuk melayani kebutuhan irigasi sisanya, perlu diusahakan dari sumber yang lain. Demikian halnya terjadi pada penelitian Mauliza, H (2020), tampungan yang dibutuhkan lebih besar dari tampungan yang ada.

Untuk menghitung Tingkat keandalan bendungan, pada penelitian ini menggunakan debit andalan 90 %, namun pada penelitian Osly, P.J dkk (2018) menggunakan 50 % dan 80 %. Resiko tidak terpenuhinya lebih kecil yang menggunakan debit andalan 90 %, berarti lebih aman.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisis data sebelumnya, maka penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut.

Ketersediaan air Bendungan Bendodengan debit andalan 90% untuk periode 15 hari diperoleh nilai debit terbesar yaitu 5,80 m³/s pada bulan April periode I dan nilai debit terkecil yaitu 0,89 m³/s pada bulan Desember periode I.

Kebutuhan air baku dan air irigasi di daerah bendungan adalah: kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun dan jumlah penduduk pada tahun 2031 adalah 1.689.462,39 jiwa diperoleh hasil kebutuhan air baku sebesar 3,60 m³/s, serta kebutuhan air irigasi terbesar terjadi pada bulan November periode I sebesar 6,89 m³/s dan kebutuhan terkecil terjadi pada bulan Februari periode I sebesar 1,04 m³/s.

Tingkat keandalan Bendungan Bendo dibagi menjadi 2 kondisi. Kondisi yang pertama yaitu tingkat keandalan rerata bendungan Bendo untuk memenuhi kebutuhan air baku dengan proyeksi 10 tahun sampai dengan tahun 2031 dan kebutuhan air irigasi dengan luas sawah 3299 ha diperoleh tingkat

keandalan rerata sebesar 26,69 %. Tingkat keandalan terbesar terjadi pada bulan April periode I yaitu 96,58% dan tingkat keandalan terkecil terjadi pada bulan November periode I yaitu 2,61%. Kondisi yang kedua adalah tingkat keandalan optimasi dengan membatasi jumlah penduduk menjadi 230.154 jiwa (3 kecamatan) dan luas sawah menjadi 600 ha, sehingga diperoleh hasil tingkat keandalan rerata 100% pada setiap bulannya.

Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk peneliti selanjutnya sebagai berikut. Untuk penelitian selanjutnya mencari data seperti data curah hujan, data debit sungai dan data klimatologi yang lebih lengkap agar diperoleh hasil perhitungan yang lebih optimal. Saran berikutnya adalah pada analisis ketersediaan air bisa menggunakan metode yang lain seperti NRECA dan sebagainya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Saran selanjutnya adalah menggunakan periode data yang lebih panjang pada simulasi debit untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Daftar Pustaka

- Azizah, T. L. (2016). "Studi Optimasi Pemanfaatan Air Waduk Tugu di Kabupaten Trenggalek", Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, 1-365.
- Badan Pusat Statistik Kab. Ponorogo. (2022). "Kabupaten Ponorogo Dalam Angka 2022", CV. Azka Putra Pratama, Ponorogo.
- Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. (1996). "Modul Proyeksi Kebutuhan Air dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air", Perencanaan Jaringan Pipa Transmisi dan Distribusi Air Minum, 1-16.
- Direktorat Jendral Sumber Daya Air dan Direktorat Irigasi dan Rawa, 2013, "Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01", Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Jakarta.
- Soemarto, C.D. (1999). "Hidrologi Teknik". Erlangga. Jakarta.
- Soemarto, C. D. (1987). "Hidrologi Teknik". Usaha Nasional. Surabaya.
- Triatmodjo, B. (2008). "Hidrologi Terapan". Beta Offset Yogyakarta, Yogyakarta.

- Busiri, A., Fajar, R., Sangkawati, S., dan Budieny, H. (2016). "Perencanaan Bendungan Bendo Ponorogo". *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 159-169.
- Osly, P. J., Ihsani, I., Ririhena, R. E., dan Araswati, F. D. (2019). "Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Kabupaten Manokwari dengan Model Mock". *Jurnal Infrastruktur Vol 5 (2)*, 59-67.
- Mauliza, H. (2020). "Studi Potensi SDA Pada Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang untuk Pengendalian Banjir, Pengadaan Air Bersih dan PLTA". Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Nuramini, T. M. (2017). "Studi Optimasi Pola Pengoperasian Waduk Bajulmati". Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Fachrurrozi, M. (2017). "Studi Optimasi Pemanfaatan Waduk Bagong di Kabupaten Trenggalek Untuk Jaringan Irigasi, Kebutuhan Air Baku, dan Potensi PLTA". *Tugas Akhir-RC14- 1501*, 1-139.
- Jayadi, R. (2021). "Analisis Ketersediaan Air". *Hidrologi Terapan*, 1-31.
- Satriyo, A. B. (2022). "Analisis Keandalan Embung Selopamiro dalam Memenuhi Kebutuhan Air Baku dan Irigasi Daerah Imogiri Bantul". Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia, 1- 200.