

## ANALISIS NERACA AIR BENDUNG SENKALING KABUPATEN MALANG JAWA TIMUR

Ridwan Kurniawan<sup>1\*</sup>, Riman<sup>2</sup>, Abdul Halim<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

\*Email Korespondensi: [kurniawanridwan1906@gmail.com](mailto:kurniawanridwan1906@gmail.com)

### ABSTRAK

Bendung Sengkaling yang terletak di Desa Tegalondo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur mempunyai nilai strategis sebagai penyedia air untuk Daerah Irigasi Sengkaling. Bendung Sengkaling mempunyai 2 intake, yaitu kanan dan kiri. Pada Daerah Irigasi Sengkaling tidak hanya digunakan untuk mengairi area pertanian, tetapi dimanfaatkan juga sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Universitas Muhammadiyah Malang. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Yaitu data yang bersumber dari instansi-instansi tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian ini. Adapun data-data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut: data aliran Sungai Brantas di Bendung Sengkaling ( $m^3/dt$ ), data luasan Daerah Irigasi Sengkaling, data kebutuhan air untuk PLTMH. Ketersediaan air rata-rata bulanan berdasarkan pencatatan AWLR di Bendung Sengkaling sebesar  $4.51 m^3/dt$ , debit maksimal  $10.48 m^3/dt$  dan debit minimal  $1.12 m^3/dt$ , berdasarkan perhitungan metode FJ. Mock ketersediaan air rata-rata bulanan sebesar  $2.702 m^3/dt$ , dengan debit maksimal sebesar  $8.353 m^3/dt$  dan minimal  $0.007 m^3/dt$ , sedangkan berdasarkan metode NRECA debit rata-rata bulanan sebesar  $0.939 m^3/dt$ , debit maksimal  $3.653 m^3/dt$  dan minimal  $0.000 m^3/dt$ . Neraca Air Bendung Sengkaling surplus selama 7 bulan, yaitu pada bulan November, Desember, Januari, Februari, Maret, April dan Mei, dengan total  $27.13 m^3/dt$ . Defisit selama 5 bulan, yaitu pada bulan Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober, dengan total  $-4.95 m^3/dt$ .

**Kata kunci** : Bendung Sengkaling, Neraca Air, Kebutuhan Air, FJ. Mock, dan NRECA.

### ABSTRACT

*Weir of Bendung Sengkaling located in Tegalondo Village, Karangploso District, Malang Regency, East Java Province has strategic value as a water provider for the Sengkaling Irrigation Area. Sengkaling weir has 2 intakes, namely right and left. In the Sengkaling Irrigation Area is not only used to irrigate agricultural areas, but also used as a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) university of Muhammadiyah Malang. The data used in this study is secondary data. That is data that is sourced from certain agencies that are relevant to the purpose of this research. The secondary data used are as follows: Brantas River flow data in Bendung Sengkaling ( $m^3 / dt$ ), data on the area of Sengkaling Irrigation Area, data on water needs for PLTMH. The average monthly water availability based on AWLR recording in Sengkaling Weir is  $4.51 m^3/s$ , the maximum discharge is  $10.48 m^3/s$  and the minimum discharge is  $1.12 m^3/s$ , based on the calculation of the FJ Mock method, the monthly average water availability is  $2,702 m^3/s$ , with a maximum discharge of  $8,353 m^3/s$  and a minimum of  $0.007 m^3/s$ , while based on the NRECA method the monthly average discharge is  $0.939 m^3/s$ , the maximum discharge is  $3,653 m^3/s$  and a minimum of  $0,000 m^3/s$ . Sengkaling Weir Water Balance surplus for 7 months, namely in November, December, January, February, March, April and May, with a total of  $27.13 m^3/s$ . Deficit for 5 months, namely in June, July, August, September and October, with a total of  $-4.95 m^3/s$ .*

**Keywords** : Weir of Sengkaling, Water Balance, Water Requirement, FJ. Mock, and NRECA.

## 1. PENDAHULUAN

Sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan hidup yang semakin meningkat, berbagai upaya dilakukan secara terus menerus untuk menunjang kehidupan, tidak terkecuali pada sumber daya air. Kebutuhan akan air tidak dapat dihindari, tetapi harus direncanakan pemanfaatan dan diprediksi sebaik mungkin. Perkiraan debit banjir merupakan bahan masukan untuk perencanaan bangunan air [1]. Air merupakan sumber utama yang sangat dibutuhkan dalam keberlangsungan

hidup setiap makhluk hidup. Kehidupan di bumi tidak bisa terlepas dari kebutuhan air sebagai bagian sumber daya alam yang dimanfaatkan untuk menunjang kelangsungan hidup makhluk yang ada di bumi. Dalam proses sirkulasi air, penjelasan mengenai hubungan antara aliran ke dalam (inflow) dan aliran keluar (outflow) di suatu daerah untuk suatu periode tertentu disebut neraca air (water balanced) [2]. Untuk mengetahui besar kecilnya sumber daya air pada suatu DAS sangat bergantung dari jumlah curah hujan yang ada pada DAS[3]. Perlu dilakukan analisis ketersediaan debit untuk mengetahui potensi sumber daya air pada suatu wilayah. Dalam analisis debit biasanya ditemukan kendala diantaranya data debit yang sangat terbatas jumlah ketersediaannya, sehingga perlu dilakukan analisis debit andalan atas dasar data hujan dan iklim. Pada penelitian ini debit andalan didapat dari hasil pencatatan AWLR dan dibandingkan dengan hasil perhitungan Metode FJ. Mock dan Metode NRECA. Bendung Sengkaling yang terletak di Desa Tegalondo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang Provinsi Jawa Timur mempunyai nilai strategis sebagai penyedia air untuk Daerah Irigasi Sengkaling. Bendung Sengkaling mempunyai 2 intake, yaitu kanan dan kiri. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 14/PRT/M/2015, Daerah Irigasi Sengkaling Kanan mempunyai luasan 193 Ha, dan Daerah Irigasi Sengkaling Kiri mempunyai luasan 455 Ha.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Neraca Air

Neraca air merupakan keseimbangan antara kebutuhan air ( $Q_r$ ) dan ketersediaan air ( $Q_a$ ) [4]. Neraca air menggambarkan selisih antara ketersediaan air dengan kebutuhan air. Nilai ketersediaan air diambil dari perhitungan debit andalan, sedangkan nilai kebutuhan didapat dari total pemanfaatan air pada suatu wilayah studi [5]. Selisih antara ketersediaan dan kebutuhan air dapat digolongkan dalam dua klasifikasi. Apabila nilai ketersediaan air didapat lebih kecil dari kebutuhan air sehingga bernilai negatif maka dikatakan defisit. Apabila nilai ketersediaan lebih besar dari nilai kebutuhan sehingga bernilai positif maka dikatakan surplus [6]. Beberapa faktor yang sangat penting untuk menghitung neraca air yaitu ketersediaan data hujan, suhu udara, kondisi tanah, penyinaran matahari, kelembaban, tutupan lahan, kecepatan angin dan sebagainya [7]. Dari perhitungan neraca air dapat diketahui penggunaan air maksimum yang masih diperbolehkan. Secara umum persamaan neraca air dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Neraca Air} = \text{Ketersediaan Air} - \text{Kebutuhan Air} \dots\dots\dots (1)$$

### 2.2 Curah Hujan

Hujan adalah salah satu bentuk dari presipitasi. Presipitasi dapat diartikan sebagai air yang terdapat di atmosfer, yaitu berupa: embun, hujan, kabut, salju dan es. Karena di Indonesia hampir tidak dijumpai salju, es dan kabut, maka presipitasi sering diartikan sebagai curah hujan. Curah hujan untuk setiap periode atau dari tahun ke tahun berubah-ubah sehingga disarankan untuk menggunakan curah hujan rencana misalnya dengan probabilitas 70% atau 80% dari pada menggunakan curah hujan rata-rata. Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk perhitungan probabilitas, yaitu metode Pengelompokan dan curah hujan, metode analisis frekuensi. Secara umum untuk menentukan atau menghitung curah hujan ada 3 cara, yaitu cara rata-rata hitung, cara Poligon Thiessen dan cara Isohyet.

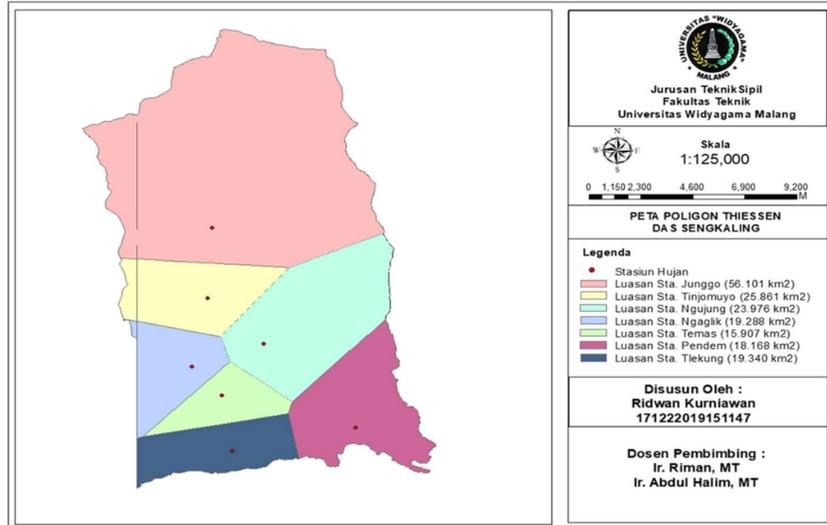
### 2.3 Evapotranspirasi Potensial

Evaporasi adalah proses penguapan air bebas, sedangkan Transpirasi adalah penguapan melalui tanaman. Apabila proses ini terjadi secara bersamaan maka disebut sebagai Evapotranspirasi. Dalam penelitian ini rumus yang dipakai untuk menghitung Evapotranspirasi Potensial adalah metode Penman, mengingat rumus ini mendapatkan rekomendasi dari Badan Pangan dan Pertanian (FAO).

$$E_{To} = C . E_{To} * \dots\dots\dots (2)$$

$$E_{To} * = w (0.75 R_s - R_n1) + (1 - w)f(U)(\epsilon\gamma - \epsilon_d) \dots\dots\dots (3)$$

Dimana  $w$ , faktor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi daerah;  $R_s$ , radiasi gelombang pendek  $((0.25 + 0.54 \frac{n}{N}) R\gamma)$ ;  $R\gamma$ , radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer;  $R_n$ , radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari);  $f(t) \cdot f(\epsilon d) \cdot f(n/N)$ ;  $f(t)$ , fungsi suhu :  $\sigma \cdot T_a^4$ ;  $f(\epsilon d)$ , fungsi tekanan uap =  $0.34 - 0.44 \sqrt{\epsilon d}$ ;  $\epsilon d$ ,  $\epsilon d * RH$ ;  $f(n/N)$ , fungsi kecerahan matahari =  $0.1 + 0.9 n/N$ ;  $f(U)$ , fungsi kecepatan angin pada ketinggian 2m,  $0.27*(1+0.864 U)$ ;  $\epsilon\gamma$ , tekanan uap jenuh;  $\epsilon d$ , tekanan uap sebenarnya;  $RH$ , kelembaban relatif (%);  $C$ , angka koreksi.



Gambar 1. Peta Poligon Thiessen  
Sumber: Hasil Analisis 2022

### 2.4 Kebutuhan Air Irigasi

Agar tanaman dapat tumbuh dengan maksimal, pasokan air harus selalu tersedia dengan optimal. Sumber air irigasi pada umumnya diambil dari sungai, waduk, embung dan yang lainnya [8]. Air di alirkan melalui saluran irigasi dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Kebutuhan air irigasi bisa diartikan sebagai 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 juga kontribusi air tanah [9]. Kebutuhan air irigasi dihitung menggunakan rumus:

$$NFR = Etc + P + WLR - Re \dots\dots\dots(4)$$

Dimana NFR, kebutuhan air irigasi di sawah (Lt/dt/Ha); Etc, penggunaan konsumtif (mm/hari); P, perkolasi (mm/hari); WLR, penggantian lapisan air (mm/hari); Re, curah hujan efektif.

### 2.5 Kebutuhan Air PLTMH

Kebutuhan air PLTMH Sengkaling dihitung berdasarkan besarnya daya yang dihasilkan. Besarnya daya yang dihasilkan merupakan fungsi dari besarnya debit yang dipakai dan tinggi jatuh air. Debit yang dipakai sebagai debit rencana, dapat berupa debit minimum dari sungai sepanjang tahun atau diambil antara debit minimum dan maksimum, tergantung dari fungsi yang direncanakan dari PLTMH tersebut. Besarnya kebutuhan air untuk PLTMH dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P = p \times Q \times g \times H \times \eta \dots\dots\dots(5)$$

Dimana P, Daya yang terbangkit (kW); p, Berat volume air (kg/m<sup>3</sup>);  $\eta$ , Efisiensi total; g, Gravitasi, 9.81 (m/dt<sup>2</sup>); Q, Debit pembangkit (m<sup>3</sup>/dt); H, Tinggi jatuh efektif (m).

### 2.6 Ketersediaan Air

Ketersediaan air yang dimaksud adalah ketersediaan air di sungai atau yang lebih umum disebut sebagai debit andalan. Debit andalan adalah ketersediaan air di sungai yang melampaui atau sama dengan suatu nilai yang keberadaannya dikaitkan dengan prosentasi waktu atau

kemungkinan terjadinya. Hitungan debit didapat dari hasil pencatat muka air otomatis (AWLR), dan dihitung dengan menggunakan Metode F.J Mock, NRECA berdasar data hujan dan karakteristik DAS [10].

#### A. Metode F.J. Mock

Mock, 1973 [10] memperkenalkan model sederhana simulasi keseimbangan air bulanan untuk aliran yang meliputi data hujan, evaporasi dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran. Metode Mock menganggap hujan yang jatuh pada daerah tangkapan sebagian akan hilang sebagai evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi aliran di permukaan tanah dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah [11]. Pertama-tama infiltrasi akan menjenuhkan permukaan tanah selanjutnya menjadi perkolasi ke tampungan air tanah yang nantinya akan keluar ke sungai sebagai aliran dasar. Kriteria perhitungan dan asumsi yang digunakan dalam analisis ini adalah sebagai berikut :

##### 1) Evapotranspirasi Aktual (Ea)/Evapotranspirasi Terbatas (Et)

Evapotranspirasi aktual dihitung berdasarkan Evaporasi potensial metode Penman (ETo). Hubungan antara Evaporasi potensial dengan Evapotranspirasi aktual dihitung dengan rumus:

$$Ea = ETo - \Delta E \rightarrow (Ea = Et) \dots\dots\dots (6)$$

$$\Delta E = ETo \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \rightarrow (E = \Delta E) \dots\dots\dots (7)$$

Dimana Ea, Evapotranspirasi aktual (mm/hari); Et, Evapotranspirasi Potensial (mm/hari); Eto, Evaporasi Potensial metode Penman (mm/hari); m, 30 – 50 % untuk lahan pertanian yang diolah; n, jumlah hari hujan dalam sebulan [12].

##### 2) Keseimbangan Air di Permukaan Tanah

###### a. Air hujan yang mencapai permukaan tanah

$$Ds = P - Et \dots\dots\dots (8)$$

Dimana Ds, air hujan yang mencapai permukaan tanah (mm/hari); P, curah hujan (mm/hari); Et, evapotranspirasi (mm/hari).

###### b. Bila nilai Ds positif ( $P > Et$ ) maka air akan masuk ke dalam tanah apabila kapasitas kelembaban tanah belum terpenuhi, dan akan melimpas jika kondisi tanah sudah jenuh. Apabila nilai Ds negatif ( $P < Et$ ), akan terjadi kekurangan (defisit).

##### 3) Limpasan dan Penyimpanan Air Tanah (Run Off & Groundwater Storage)

###### a. Koefisien Infiltrasi (i)

Koefisien Infiltrasi diperkirakan berdasarkan porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Misalnya lahan yang berpasir harus mempunyai infiltrasi lebih tinggi dibanding tanah lempung. Batasan koefisien infiltrasi adalah 0 – 1.

###### b. Penyimpanan Air Tanah (Groundwater Storage)

Pada awal simulasi harus ditentukan penyimpanan awal (*initial storage*) yang besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu.

Rumus yang digunakan, yaitu :

$$Vn = k \cdot V_{n-1} + \frac{1}{2} (1 + k) \cdot In \dots\dots\dots (9)$$

$$DVn = Vn \cdot V_{n-1} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana Vn, volume air tanah bulan ke n; Vn-1, volume air tanah bulan ke (n-1); k, qt/qo faktor resesi aliran air tanah; qt, aliran air tanah pada waktu t (bulan ke t); qo, aliran air tanah pada awal (bulan ke 0); DVn-1, perubahan volume air tanah.

#### B. Metode NRECA

Metode NRECA merupakan salah satu metode pendekatan yang dapat digunakan untuk menghitung ketersediaan air yang berdasar pada hujan bulanan [13]. Metode NRECA

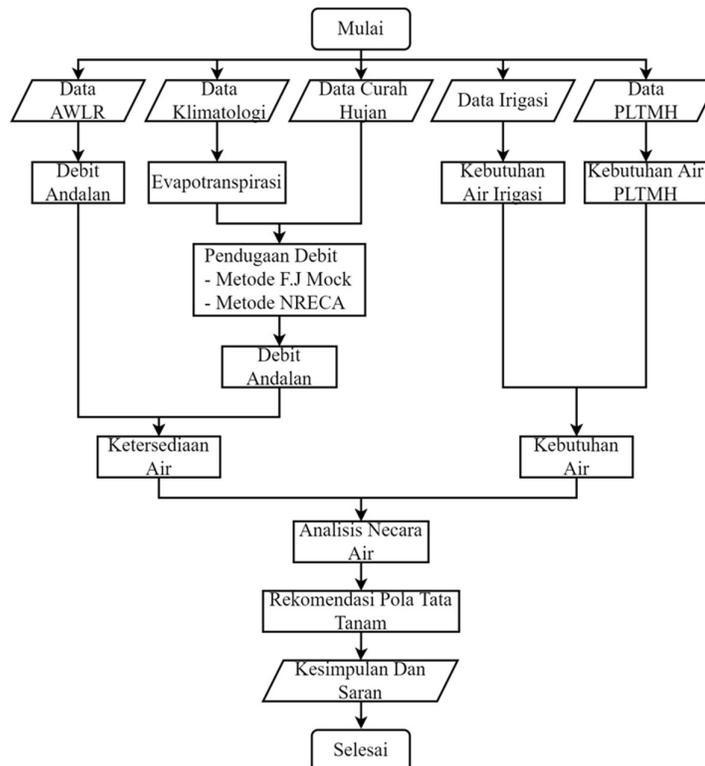
dikembangkan oleh Norman H. Crawford. Konsep dari metode NRECA memerlukan inputan utama yang berupa data hujan dan evapotranspirasi aktual. Rumus dasar dari persamaan metode NRECA adalah sebagai berikut:

$$Q = P - Ea + \Delta S \dots\dots\dots (11)$$

Dimana P, hujan rata-rata (mm); Ea, evapotranspirasi Aktual (mm);  $\Delta S$ , perubahan tampungan (mm); Q, limpasan (mm).

### 3. METODE PENELITIAN

Lokasi yang digunakan sebagai daerah penelitian adalah di Bendung Sengkaling dan Daerah Irigasi Sengkaling yang terletak di Desa Tegalgondo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 14/PRT/M/2015, Daerah Irigasi Sengkaling Kanan mempunyai luasan 193 Ha, dan Daerah Irigasi Sengkaling Kiri mempunyai luasan 455 Ha. Pada penelitian ini ada beberapa data yang digunakan untuk menganalisis neraca air antara lain yaitu Analisis Data Hujan, Analisis Curah Hujan Efektif, Analisis Evapotranspirasi, Analisis Kebutuhan Air Irigasi, Analisis Kebutuhan Air PLTMH, Ketersediaan Air dan Analisis Neraca Air [14]. Tahapan proses yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam bagan alir penelitian sebagai berikut:



**Gambar 1.** Bagan Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Debit Andalan

Debit andalan yang dipakai adalah debit yang mempunyai keandalan 80% [15]. Data debit andalan tersebut diperoleh dari data debit AWLR, Metode FJ. Mock dan Metode NRECA [10]. Dari hasil pencatatan AWLR debit andalan 80% (untuk periode I bulan Januari) adalah 5.740 m<sup>3</sup>/dt. Dari perhitungan dengan metode FJ. Mock debit andalan didapat 5.761 m<sup>3</sup>/dt, sedangkan dengan metode NRECA debit andalan didapat 2.732 m<sup>3</sup>/dt. Sehubungan dengan data debit yang tersedia cukup panjang (>10 tahun), maka analisis debit andalan yang dipakai untuk ketersediaan

air adalah debit andalan dari hasil pencatatan AWLR, debit andalan dari hasil perhitungan metode FJ. Mock dan metode NRECA hanya digunakan sebagai pembandingan, Perbandingan debit andalan dari masing-masing metode dan debit rata-rata bulanan disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 1.** Perhitungan Debit Andalan Q80% dan Q95% Bulan Januari periode I (a) dan Debit Rata-rata Bulanan (b)

| No.         | Probabilitas (%) | m <sup>3</sup> /dt |              |              |
|-------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|
|             |                  | AWLR               | FJ. Mock     | NRECA        |
| 1           | 8                | 34.064             | 20.844       | 17.878       |
| 2           | 17               | 24.645             | 19.918       | 16.169       |
| 3           | 25               | 18.835             | 18.206       | 12.476       |
| 4           | 33               | 16.839             | 17.911       | 12.250       |
| 5           | 42               | 14.906             | 12.519       | 6.550        |
| 6           | 50               | 9.787              | 10.636       | 5.196        |
| 7           | 58               | 9.346              | 10.270       | 3.458        |
| 8           | 67               | 8.849              | 8.931        | 3.065        |
| 9           | 75               | 6.572              | 6.352        | 2.950        |
| 10          | 83               | 5.186              | 5.367        | 2.586        |
| 11          | 92               | 4.114              | 4.199        | 0.768        |
| <b>Q80%</b> |                  | <b>5.740</b>       | <b>5.761</b> | <b>2.732</b> |
| <b>Q95%</b> |                  | <b>3.685</b>       | <b>3.732</b> | <b>0.041</b> |

| No.                      | Bulan     | Q (m <sup>3</sup> /dt) | $x_i - \bar{x}$ | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|--------------------------|-----------|------------------------|-----------------|---------------------|
| 1                        | Januari   | 14.966                 | 5.827           | 33.950              |
| 2                        | Februari  | 17.896                 | 8.757           | 76.678              |
| 3                        | Maret     | 13.126                 | 3.987           | 15.894              |
| 4                        | April     | 12.217                 | 3.078           | 9.475               |
| 5                        | Mei       | 8.140                  | -0.999          | 0.999               |
| 6                        | Juni      | 5.078                  | -4.062          | 16.498              |
| 7                        | Juli      | 3.295                  | -5.845          | 34.159              |
| 8                        | Agustus   | 2.815                  | -6.325          | 40.000              |
| 9                        | September | 2.962                  | -6.178          | 38.163              |
| 10                       | Oktober   | 3.380                  | -5.759          | 33.165              |
| 11                       | November  | 10.470                 | 1.331           | 1.771               |
| 12                       | Desember  | 15.327                 | 6.188           | 38.292              |
| Qrata-rata ( $\bar{x}$ ) |           | 9.139                  |                 |                     |
| Standar Deviasi          |           | 5.552                  |                 |                     |
| Qrata-rata x 10%         |           | 0.914                  |                 |                     |

(a)

(b)

Sumber: Hasil Analisis 2022

**Tabel 3.** Perbandingan Debit Andalan dari AWLR, Metode FJ. Mock, Metode NRECA

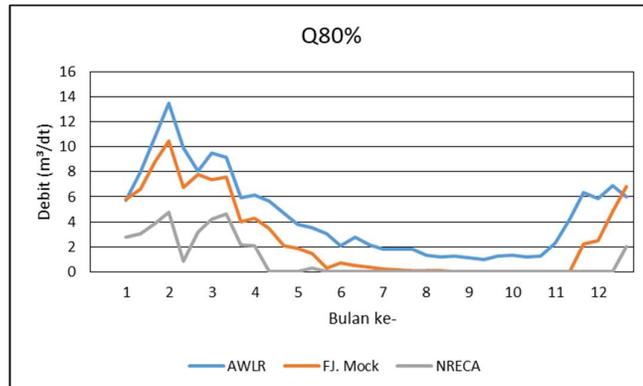
| Bulan    | Periode | Q80% (m <sup>3</sup> /dt) |          |       |
|----------|---------|---------------------------|----------|-------|
|          |         | AWLR                      | FJ. Mock | NRECA |
| JANUARI  | I       | 5.740                     | 5.761    | 2.732 |
|          | II      | 8.007                     | 6.645    | 3.056 |
|          | III     | 10.822                    | 8.825    | 3.834 |
| PEBRUARI | I       | 13.481                    | 10.503   | 4.790 |
|          | II      | 9.895                     | 6.764    | 0.844 |
|          | III     | 8.072                     | 7.794    | 3.170 |
| MARET    | I       | 9.524                     | 7.362    | 4.209 |
|          | II      | 9.155                     | 7.549    | 4.621 |
|          | III     | 5.958                     | 4.008    | 2.127 |
| APRIL    | I       | 6.166                     | 4.259    | 2.089 |
|          | II      | 5.646                     | 3.440    | 0.000 |
|          | III     | 4.693                     | 2.055    | 0.000 |
| MEI      | I       | 3.763                     | 1.842    | 0.000 |
|          | II      | 3.533                     | 1.441    | 0.303 |
|          | III     | 3.071                     | 0.315    | 0.000 |
| JUNI     | I       | 2.110                     | 0.684    | 0.000 |
|          | II      | 2.758                     | 0.479    | 0.000 |
|          | III     | 2.166                     | 0.390    | 0.000 |

| Bulan     | Periode | Q80% (m <sup>3</sup> /dt) |          |       |
|-----------|---------|---------------------------|----------|-------|
|           |         | AWLR                      | FJ. Mock | NRECA |
| JULI      | I       | 1.806                     | 0.234    | 0.000 |
|           | II      | 1.783                     | 0.164    | 0.000 |
|           | III     | 1.806                     | 0.104    | 0.000 |
| AGUSTUS   | I       | 1.297                     | 0.080    | 0.000 |
|           | II      | 1.161                     | 0.056    | 0.000 |
|           | III     | 1.258                     | 0.036    | 0.000 |
| SEPTEMBER | I       | 1.139                     | 0.028    | 0.000 |
|           | II      | 0.948                     | 0.019    | 0.000 |
|           | III     | 1.268                     | 0.014    | 0.000 |
| OKTOBER   | I       | 1.301                     | 0.009    | 0.000 |
|           | II      | 1.159                     | 0.007    | 0.000 |
|           | III     | 1.232                     | 0.004    | 0.000 |
| NOPEMBER  | I       | 2.282                     | 0.003    | 0.000 |
|           | II      | 4.206                     | 0.019    | 0.000 |
|           | III     | 6.362                     | 2.204    | 0.000 |
| DESEMBER  | I       | 5.892                     | 2.485    | 0.000 |
|           | II      | 6.880                     | 4.839    | 0.000 |
|           | III     | 6.026                     | 6.849    | 2.039 |

Sumber: Hasil Analisis 2022

Adapun grafik perbandingan debit andalan Q80% dari hasil perhitungan 3 metode (AWLR, FJ. Mock dan NRECA) sebagaimana berikut:



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Debit Andalan Q80%

Sumber: Hasil Analisis 2022

## 4.2 Kebutuhan Air Bendung Sengkaling

Analisis kebutuhan air bertujuan untuk menentukan besarnya debit yang diperlukan di bendung Sengkaling.

### A. Curah Hujan Efektif R80

Perhitungan Re Padi untuk bulan Januari

$$\begin{aligned} \text{Re padi} &= (70\% \times \text{R80}) / \text{jumlah hari} \\ &= (70\% \times 71.019) / 31 \\ &= 1.604 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan Curah Hujan Efektif untuk bulan berikutnya terdapat pada tabel berikut:

**Tabel 4.** Curah Hujan Efektif Untuk Tanaman Padi dan Palawija

| Bulan     | Jumlah Hari | R80 (mm) | Re = 70% $\times$ R80(mm) | Re Padi (mm/hari) | Re = 50% $\times$ R80(mm) | Re Palawija (mm/hari) |
|-----------|-------------|----------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|
| Januari   | 31          | 71.019   | 49.713                    | 1.604             | 35.509                    | 1.145                 |
| Februari  | 28          | 64.430   | 45.101                    | 1.611             | 32.215                    | 1.151                 |
| Maret     | 31          | 48.148   | 33.703                    | 1.087             | 24.074                    | 0.777                 |
| April     | 30          | 30.112   | 21.078                    | 0.703             | 15.056                    | 0.502                 |
| Mei       | 31          | 3.681    | 2.577                     | 0.083             | 1.840                     | 0.059                 |
| Juni      | 30          | 0.467    | 0.327                     | 0.011             | 0.233                     | 0.008                 |
| Juli      | 31          | 0.494    | 0.346                     | 0.011             | 0.247                     | 0.008                 |
| Agustus   | 31          | 0.000    | 0.000                     | 0.000             | 0.000                     | 0.000                 |
| September | 30          | 0.000    | 0.000                     | 0.000             | 0.000                     | 0.000                 |
| Oktober   | 31          | 0.842    | 0.589                     | 0.019             | 0.421                     | 0.014                 |
| November  | 30          | 33.069   | 23.149                    | 0.772             | 16.535                    | 0.551                 |
| Desember  | 31          | 55.947   | 39.163                    | 1.263             | 27.974                    | 0.902                 |

Sumber: Hasil Analisis 2022

### B. Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan

Perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan (LP) pada bulan Januari

$$\begin{aligned} E_{To} &= 4.512 \text{ mm/hari} \\ E_o &= 1.1 \times E_{To} = 1.1 \times 4.512 = 4.963 \text{ mm/hari} \\ P &= 2 \\ M &= E_o + P = 4.963 + 2 = 6.963 \text{ (mm/hari)} \\ K &= M \times T/S \text{ dengan } t = 45 \text{ hari, } s = 300 \text{ mm} = 1.044 \text{ mm} \\ IR &= M e^k / (e^k - 1) \text{ dengan } t = 45 \text{ hari, } s = 300 \text{ mm} = 10.744 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan untuk bulan berikutnya terdapat pada tabel berikut:

**Tabel 5.** Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan

| Bulan     | E <sub>To</sub> (mm) | E <sub>o</sub> = 1.1 $\times$ E <sub>To</sub> (mm/hr) | P (mm/hr) | M = E <sub>o</sub> + P (mm/hr) | k = M $\times$ T/S, T=45 hari, S=300 (mm) | IR     |
|-----------|----------------------|---|-----------|--------------------------------|---|--------|
| Januari   | 4.512                | 4.9632  | 2         | 6.963                          | 1.044                                     | 10.744 |
| Februari  | 4.594                | 5.0535  | 2         | 7.054                          | 1.058                                     | 10.804 |
| Maret     | 4.539                | 4.9925  | 2         | 6.992                          | 1.049                                     | 10.763 |
| April     | 3.796                | 4.1761  | 2         | 6.176                          | 0.926                                     | 10.225 |
| Mei       | 3.946                | 4.3405  | 2         | 6.340                          | 0.951                                     | 10.332 |
| Juni      | 3.719                | 4.0911  | 2         | 6.091                          | 0.914                                     | 10.170 |
| Juli      | 3.818                | 4.2003  | 2         | 6.200                          | 0.930                                     | 10.241 |
| Agustus   | 4.958                | 5.4536  | 2         | 7.454                          | 1.118                                     | 11.074 |
| September | 6.345                | 6.9799  | 2         | 8.980                          | 1.347                                     | 12.135 |
| Oktober   | 6.775                | 7.4530  | 2         | 9.453                          | 1.418                                     | 12.474 |
| November  | 5.416                | 5.9581  | 2         | 7.958                          | 1.194                                     | 11.419 |
| Desember  | 4.446                | 4.8905  | 2         | 6.891                          | 1.034                                     | 10.695 |

Sumber: Hasil Analisis 2022

### C. Kebutuhan Air Irigasi

Perhitungan kebutuhan air irigasi

$$M = E_o + P = 5.9581 + 2 = 7.9581 \text{ mm/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{NFR} &= \text{LP} - \text{Re} = 11.419 - 0.772 = 10.647 \text{ mm/hari} \\ \text{DR} &= \text{NFR} / (e \times 8.64) = 10.647 / (0.65 \times 8.64) = 1.9 \text{ l/dt/Ha} \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan air irigasi untuk bulan berikutnya dapat dilihat pada tabel berikut

**Tabel 6.** Kebutuhan Air Irigasi

| Bulan     | Periode | ETo<br>(mm/hr) | P<br>(mm/hr) | Re<br>(mm/hr) | WLR<br>(mm/hr) | C1   | C2   | C3   | C    | ETc<br>(mm/hr) | NFR<br>(mm/hr) | DR<br>(l/dt/ha) | DR<br>(m <sup>3</sup> /dt) |
|-----------|---------|----------------|--------------|---------------|----------------|------|------|------|------|----------------|----------------|-----------------|----------------------------|
| November  | 1       | 5.416          | 2            | 0.772         |                | LP   | LP   | LP   | LP   | 11.4           | 10.65          | 1.90            | 1.229                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 1.1  | LP   | LP   | 11.4 | 10.65          | 1.90           | 1.229           |                            |
| Desember  | 1       | 4.446          | 2            | 1.263         |                | 1.1  | 1.1  | LP   | LP   | 10.7           | 9.43           | 1.68            | 1.088                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 1.1  | 1.05 | 1.1  | 1.08 | 4.8            | 6.65           | 1.18            | 0.768                      |
| Januari   | 1       | 4.512          | 2            | 1.604         | 1.1            | 1.05 | 1.05 | 1.1  | 1.07 | 4.8            | 6.31           | 1.12            | 0.728                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 0.95 | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 4.6            | 7.18           | 1.28            | 0.829                      |
| Februari  | 1       | 4.594          | 2            | 1.611         | 1.1            | 0    | 0.95 | 1.05 | 0.67 | 3.1            | 4.55           | 0.81            | 0.525                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 1.1  | 0    | 0.95 | 0.32 | 1.5            | 2.94           | 0.52            | 0.340                      |
| Maret     | 1       | 4.539          | 2            | 1.087         |                |      |      |      | 0.00 | 0.0            | 0.00           | 0.00            | 0.000                      |
|           | 2       |                |              |               |                | LP   | LP   | LP   | LP   | 10.8           | 9.68           | 1.72            | 1.116                      |
| April     | 1       | 3.796          | 2            | 0.703         |                | 1.10 | LP   | LP   | LP   | 10.2           | 9.52           | 1.70            | 1.099                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 1.10 | 1.10 | LP   | LP   | 10.2           | 9.52           | 1.70            | 1.099                      |
| Mei       | 1       | 3.946          | 2            | 0.083         | 1.1            | 1.05 | 1.10 | 1.10 | 1.08 | 4.3            | 7.29           | 1.30            | 0.841                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 1.1  | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 4.2            | 7.23           | 1.29            | 0.834                      |
| Juni      | 1       | 3.719          | 2            | 0.011         | 2.2            | 0.95 | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 3.8            | 7.97           | 1.42            | 0.920                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 1.1  | 0.00 | 0.95 | 1.05 | 0.67           | 2.5            | 5.57            | 0.99                       |
| Juli      | 1       | 3.818          | 2            | 0.008         | 1.1            | 0.50 | 0.00 | 0.95 | 0.48 | 1.8            | 4.94           | 0.88            | 0.570                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 0.75 | 0.50 | 0.00 | 0.42 | 1.6            | 3.58           | 0.64            | 0.413                      |
| Agustus   | 1       | 4.958          | 2            | 0.000         |                | 1.00 | 0.75 | 0.50 | 0.75 | 3.7            | 5.72           | 1.02            | 0.660                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.92 | 4.5            | 6.54           | 1.17            | 0.755                      |
| September | 1       | 6.345          | 2            | 0.000         |                | 0.82 | 1.00 | 1.00 | 0.94 | 6.0            | 7.96           | 1.42            | 0.919                      |
|           | 2       |                |              |               |                | 0.45 | 0.82 | 1.00 | 0.76 | 4.8            | 6.80           | 1.21            | 0.785                      |
| Oktober   | 1       | 6.775          | 2            | 0.014         |                |      | 0.45 | 0.82 | 0.42 | 2.9            | 4.85           | 0.86            | 0.560                      |
|           | 2       |                |              |               |                |      | 0.45 | 0.15 | 1.0  | 0.00           | 0.00           | 0.000           |                            |

Sumber: Hasil Analisis 2022

#### D. Kebutuhan Air untuk Pemeliharaan Sungai

Berdasarkan modul hidrologi [16], ketersediaan dan kebutuhan air tahun 2017, untuk memenuhi kebutuhan air pemeliharaan sungai menggunakan metode Tennant yang menyatakan bahwa besarnya aliran pemeliharaan dinyatakan sebagai persentase dari debit aliran sungai rata-rata, dengan nilai persentase minimum 10% dari debit rata-rata [17]. Debit rata-rata pada penelitian ini sebesar 9.139 m<sup>3</sup>/dt, setelah mendapat nilai rata-rata dihitung nilai standar deviasi untuk mengetahui sifat dari data tersebut, apabila nilai standar deviasi lebih besar dari nilai rata-rata hal ini berarti data bersifat heterogen. Sehingga 10% yang merupakan debit aliran pemeliharaannya adalah 0.914 m<sup>3</sup>/dt.

#### E. Kebutuhan Air PLTMH

Perhitungan air untuk PLTMH bulan Januari :

$$\begin{aligned} P &= 100 \text{ kWatt}; p = 997 \text{ kg/m}^3; g = 9.81 \text{ m/dt}; H = 15.2 \text{ m}; \eta = 0.000673; Q \\ &= (p \times g \times H \times \eta) / P = 1.0 \text{ m}^3/\text{dt}. \end{aligned}$$

### 4.3 Neraca Air Bendung Sengkaling

Analisis Neraca Air mengindikasikan kekurangan air (defisit) apabila menunjukkan hasil negatif (-), dan mengindikasikan terpenuhinya kebutuhan air (surplus) apabila menunjukkan hasil yang positif (+). Perhitungan Neraca Air Bendung Sengkaling.

$$\begin{aligned} \text{Ketersediaan air} &= 4.28 \text{ m}^3/\text{dt} \\ \text{Kebutuhan air irigasi} &= 1.23 \text{ m}^3/\text{dt} \\ \text{Rencana Pemeliharaan sungai} &= 0.91 \text{ m}^3/\text{dt} \\ \text{Kebutuhan PLTMH} &= 1 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Neraca Air} &= (\text{ketersediaan air}) - (\text{kebutuhan air irigasi} + \text{rencana pemeliharaan sungai} + \text{kebutuhan PLTMH}) \\ &= (4.28) - (1.23 + 0.91 + 1) = 4.28 - 3.14 = 1.14 \text{ m}^3/\text{dt} \rightarrow \text{Surplus} \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi Analisis Neraca Air bulanan pada Bendung Sengkaling disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 7.** Neraca Air Bendung Sengkaling

| Kondisi                                 | Bulan (m <sup>3</sup> /dt) |          |         |          |       |       |      |       |       |         |           |         |
|---|----------------------------|----------|---------|----------|-------|-------|------|-------|-------|---------|-----------|---------|
|   | November                   | Desember | Januari | Februari | Maret | April | Mei  | Juni  | Juli  | Agustus | September | Oktober |
| <b>a. Ketersediaan Air</b>              |                            |          |         |          |       |       |      |       |       |         |           |         |
| 1 Bendung Sengkaling (AWLR)             | 4.28                       | 6.27     | 8.19    | 10.48    | 8.21  | 5.50  | 3.46 | 2.34  | 1.80  | 1.24    | 1.12      | 1.23    |
| <b>b. Kebutuhan Air</b>                 |                            |          |         |          |       |       |      |       |       |         |           |         |
| 1 Rencana Kebutuhan Air                 | 3.14                       | 2.84     | 2.69    | 2.35     | 2.47  | 3.01  | 2.75 | 2.70  | 2.41  | 2.62    | 2.77      | 2.19    |
| <b>Rincian Kebutuhan Air</b>            |                            |          |         |          |       |       |      |       |       |         |           |         |
| 1 Kebutuhan Air Irigasi D.J. Sengkaling | 1.23                       | 0.93     | 0.78    | 0.43     | 0.56  | 1.10  | 0.84 | 0.78  | 0.49  | 0.71    | 0.85      | 0.28    |
| 2 Rencana Pemeliharaan Sungai           | 0.91                       | 0.91     | 0.91    | 0.91     | 0.91  | 0.91  | 0.91 | 0.91  | 0.91  | 0.91    | 0.91      | 0.91    |
| 3 PLTMH UMM                             | 1.00                       | 1.00     | 1.00    | 1.00     | 1.00  | 1.00  | 1.00 | 1.00  | 1.00  | 1.00    | 1.00      | 1.00    |
| <b>Neraca Air</b>                       | 1.14                       | 3.42     | 5.50    | 8.14     | 5.74  | 2.49  | 0.70 | -0.35 | -0.61 | -1.38   | -1.65     | -0.96   |
| Status (NA)                             | S                          | S        | S       | S        | S     | S     | S    | D     | D     | D       | D         | D       |

Dimana :

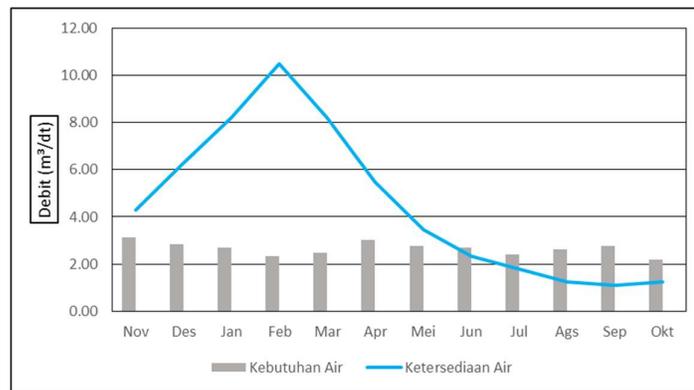
S : SURPLUS

D : DEFISIT

B : BALANCE

*Sumber: Hasil Analisis 2022*

Grafik neraca air Bendung Sengkaling dapat dilihat pada gambar berikut.

**Gambar 3.** Grafik Neraca Air Bendung Sengkaling*Sumber: Hasil Analisis 2022*

#### 4.4 Rekomendasi Pola Tata Tanam

Pola Tata Tanam Padi-Padi-Palawija dengan masa tanam dimulai pada bulan November menghasilkan Neraca Air Bendung Sengkaling surplus selama 7 bulan yaitu pada bulan November, Desember, Januari, Februari, Maret, April dan Mei, dengan total 27.13 m<sup>3</sup>/dt, defisit selama 5 bulan, yaitu pada bulan Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober, dengan total -4.95 m<sup>3</sup>/dt. Pola Tata Tanam Padi – Padi – Palawija dengan masa tanam dimulai pada bulan Desember surplus selama 7 bulan yaitu pada bulan Desember, Januari, Februari, Maret, April, Mei dan November dengan total 27.09 m<sup>3</sup>/dt, defisit selama 5 bulan, yaitu pada bulan Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober, dengan total -5.75 m<sup>3</sup>/dt. Pola Tata Tanam Padi – Padi – Palawija dengan masa tanam dimulai pada bulan Januari surplus selama 7 bulan yaitu pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, November dan Desember, dengan total 27.68 m<sup>3</sup>/dt, defisit selama 5 bulan, yaitu pada bulan Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober, dengan total -6.48 m<sup>3</sup>/dt. Sehingga Pola Tata Tanam yang direkomendasi berupa Padi – Padi – Palawija dengan masa tanam dimulai pada bulan November, karena Pola Tata Tanam tersebut menghasilkan defisit neraca air paling sedikit.

## 5. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan yaitu ketersediaan air rata-rata bulanan berdasarkan pencatatan AWLR di Bendung Sengkaling sebesar 4.51 m<sup>3</sup>/dt, debit maksimal 10.48 m<sup>3</sup>/dt dan debit minimal 1.12 m<sup>3</sup>/dt, berdasarkan

perhitungan metode FJ Mock ketersediaan air rata-rata bulanan sebesar 2.702 m<sup>3</sup>/dt, dengan debit maksimal sebesar 8.353 m<sup>3</sup>/dt dan minimal 0.007 m<sup>3</sup>/dt, sedangkan berdasarkan metode NRECA debit rata-rata bulanan sebesar 0.939 m<sup>3</sup>/dt, debit maksimal 3.653 m<sup>3</sup>/dt dan minimal 0.000 m<sup>3</sup>/dt. Kebutuhan air rata-rata bulanan di Bendung Sengkaling sebesar 2.66 m<sup>3</sup>/dt, kebutuhan maksimal 3.14 m<sup>3</sup>/dt dan kebutuhan minimal 2.19 m<sup>3</sup>/dt. Neraca Air Bendung Sengkaling surplus selama 7 bulan, yaitu pada bulan November, Desember, Januari, Februari, Maret, April dan Mei, dengan total 27.13 m<sup>3</sup>/dt, defisit selama 5 bulan, yaitu pada bulan Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober, dengan total -4.95 m<sup>3</sup>/dt. Pola Tata Tanam yang direkomendasi untuk Bendung Sengkaling adalah Padi – Padi – Palawija dengan masa tanam dimulai pada bulan November.

Berdasarkan kesimpulan tersebut, maka terdapat beberapa saran yaitu agar kuantitas air di Bendung Sengkaling terpelihara, maka perlu diadakan konservasi lahan sehingga sumber-sumber air tetap terjaga. Perlu diadakan pengaturan sistem manajemen air agar tidak terjadi defisit. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menganalisis dengan menggunakan data yang cukup (20 tahun atau lebih).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riman, “Analisis Debit Banjir Pada Daerah Aliran Sungai Untuk Desain dan Evaluasi Kapasitas Tampung Bangunan Air,” *J. Ilm. Widya Tek.*, vol. 20, no. 1, 2012.
- [2] S. Sosrodarsono dan K. Takeda, “Bendungan Type Urugan,” 1977.
- [3] Z. Zulkipli, W. Soetopo, dan H. Prasetijo, “Analisa Neraca Air Permukaan DAS Renggung Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Irigasi dan Domestik Penduduk Kabupaten Lombok Tengah,” *J. Tek. Pengair. J. Water Resour. Eng.*, vol. 3, no. 2, hal. 87–96, 2012.
- [4] Riman dan A. Halim, “Evaluasi Keragaan Jaringan Irigasi dan Upaya Pengembangannya Secara Berkelanjutan,” *J. Ilm. Widya Tek.*, 2013.
- [5] G. R. Kansil, J. S. F. Sumarauw, dan L. Tanudjaja, “Analisis Neraca Air Sungai Akembua di Kota Tahuna Kabupaten Sangihe,” *J. Sipil Statik*, vol. 3, no. 7, 2015.
- [6] D. R. C. Adare, L. A. Hendratta, dan J. S. F. Sumarauw, “Analisis Neraca Air Sungai Talawaan di Titik Bendung Talawaan Kabupaten Minahasa Utara,” *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 3, 2018.
- [7] I. Taufik, M. Y. J. Purwanto, B. Pramudya, dan S. K. Saptomo, “Analisis Neraca Air Permukaan DAS Ciliman,” *J. Ilmu Lingkungan*, hal. 452–464, 2019.
- [8] D. P. Umum dan D. J. Pengairan, “Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01,” *Jakarta Dep. Pekerj. Umum*, 2013.
- [9] R. Riman, C. Aditya, D. Irawan, dan A. Halim, “Penanggulangan Banjir di Pondok Pesantren Tepi Aliran Sungai Brantas Kota Malang,” in *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*, 2021, hal. 921–924.
- [10] D. Harisuseno dan W. Soetopo, “Perbandingan Metode FJ. Mock dan Nreca untuk Transformasi Hujan Menjadi Debit pada DAS Metro Kabupaten Malang, Jawa Timur,” *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 1, hal. 52–61, 2021.
- [11] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan (Yogyakarta: Beta Offset)*. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [12] L. E. Orfa dan C. Saleh, “Studi Keandalan Debit Bendung Blobo di Molek Terhadap Perubahan Area Lahan Pertanian,” *Media Tek. Sipil*, vol. 16, no. 1, hal. 14–28, 2018.
- [13] Z. Indra, M. I. Jasin, A. Binilang, dan J. D. Mamoto, “Analisis Debit Sungai Munte Dengan Metode Mock dan Metode Nreca Untuk Kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air,” *J. Sipil Statik*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [14] E. Suhartanto, L. M. Limantara, dan A. Samosir, “Analisis Neraca Air Sub DAS Irigasi Wirway Kabupaten Sarmi Provinsi Papua,” *J. Irig.*, vol. 7, no. 2, hal. 74–86, 2019.
- [15] K. S. Sisvanto, T. Mananoma, dan J. S. F. Sumarauw, “Analisis Neraca Air Sungai Alo di Titik Bendung Alo Kabupaten Gorontalo,” *J. SIPIL STATIK*, vol. 8, no. 4, 2020.
- [16] S. Sosrodarsono, *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1977.
- [17] L. M. Limantara, “Hidrologi Praktis.” Bandung: Lubuk Agung, 2010.