

ANALISIS NERACA AIR SUNGAI MOAYAT DI TITIK BENDUNG MOAYAT

Rendy Mokoginta, Jeffry S. F. Sumarauw, Lambertus Tanudjaja
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Bendung Moayat adalah salah satu bangunan air yang terdapat di Kotamobagu, menyuplai kebutuhan air 2.255 Ha sawah fungsional di daerah irigasi Moayat dan 336 Ha sawah fungsional di Daerah Irigasi Pawak. Di kedua daerah ini masih terdapat lahan potensial yang masih bisa dikembangkan untuk lahan fungsional sawah sehingga perlu adanya perhitungan analisis neraca air di bendung Moayat. Analisis Ketersediaan air dihitung menggunakan NRECA, hasil kalibrasi dihitung dengan menggunakan Nash-Sutcliffe Coefficient dan mendapatkan nilai E sebesar 0.136. Parameter-parameter dari hasil kalibrasi digunakan untuk menghitung ketersediaan air. Ketersediaan air yang dihitung meliputi: Ketersediaan air tahun 2036 di mana dianggap terjadi penurunan debit sebesar 2% setiap tahun sejak 2016 dan ketersediaan air tahun 2036 dengan anggapan tidak terjadi penurunan debit. Analisis kebutuhan air dihitung kebutuhan air baku untuk kecamatan Modayag Barat serta kebutuhan air Daerah Irigasi Moayat, Pawak dan Lombiawan. Perhitungan kebutuhan air irigasi dihitung dengan membuat sistem pola tanam di mana dilakukan 3 musim tanam dalam satu tahun dan seluruh petak tersier dialiri sekaligus dengan sistem pengairan secara terus menerus. Hitungan untuk kebutuhan air irigasi juga dilakukan anggapan yang meliputi: kebutuhan air irigasi untuk lahan fungsional dan kebutuhan air irigasi di mana terjadi perubahan fungsi lahan potensial menjadi lahan fungsional sehingga luas lahan fungsional bertambah. Masing-masing anggapan ditambahkan dengan jumlah kebutuhan air baku sehingga didapatkan total kebutuhan air. Dari anggapan yang ada dibuat 4 alternatif untuk neraca air agar bisa dilihat kondisi ketersediaan dan kebutuhan air di titik bendung Moayat. Dari keempat alternatif yang ada semuanya mendapatkan nilai neraca air defisit, hanya di bulan bulan persiapan lahan irigasi didapat nilai surplus. Solusi untuk mengatasi kurangnya kebutuhan air di titik bendung Moayat adalah dengan Pengelolaan DAS, penerapan pola tanam serta tidak dialih-fungsikan lahan potensial menjadi lahan fungsional.

Kata kunci : bendung Moayat, kebutuhan air, ketersediaan air, neraca air

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Padi menjadi salah satu sumber pendapatan utama Kota Kotamobagu dalam bidang agrikultural. Pada tahun 2012, Luas Panen untuk tanaman padi di Kotamobagu sendiri mencapai 9.079 Ha, Kecamatan Kotamobagu. Selatan menyumbang sebesar 5.268 Ha untuk luas panen padi atau dengan angka produktivitas 5,33 setiap hektarnya membuat kecamatan ini sendiri menjadi penyumbang produksi padi terbesar di Kota Kotamobagu. Bendung Moayat adalah salah satu bangunan air yang terdapat di Kotamobagu sebagai penunjang kegiatan di bidang pertanian, bendung ini menyuplai kebutuhan air untuk 2.255 Ha sawah fungsional di Daerah irigasi Moayat. Adapun desa-desa yang mendapatkan suplai air dari bendung ini untuk kebutuhan lahan sawah mereka; Desa Poyowa Besar Satu, Poyowa Besar Dua, Tabang, Bungko dan Kopandakan. Selain itu terdapat Daerah Irigasi Pawak dengan fungsional untuk sawah 336 Ha, Di ini juga mendapatkan asupan air dari bendung yang sama. Terdapat sebuah gorong-gorong untuk mengalirkan air ke saluran irigasi untuk Daerah Irigasi Pawak sendiri.

Di Daerah Irigasi Pawak dan Moayat masih ada lahan Potensial yang bisa dikembangkan menjadi daerah pertanian, namun Analisis Neraca Air untuk mengetahui keseimbangan saat ini antara ketersediaan air dari Sungai Moayat dan kebutuhan air untuk Daerah Irigasi Moayat dan Pawak sangat diperlukan dalam perencanaan pengembangan lebih lanjut.

Rumusan Masalah

Masih adanya lahan potensial di Daerah Irigasi Moayat dan Pawak yang bisa dikembangkan sehingga perlu adanya perhitungan Analisis Neraca Air di Bendung Moayat.

Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Analisis ketersediaan air menggunakan metode NRECA
2. Kebutuhan air dihitung kebutuhan air bersih dan kebutuhan air irigasi
3. Analisis kebutuhan dan ketersediaan air diproyeksikan sampai 20 tahun ke depan

4. Membuat alternatif ketersediaan dan kebutuhan air di Sungai Moayat

Tujuan Penelitian

Tujuan penulis dalam Karya Tulis Ilmiah Skripsi ini adalah untuk mengetahui keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air yang ada di sungai Moayat.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah untuk memberikan informasi kepada pihak pengelola bendungan mengenai kondisi sumber daya air di Bendung Moayat.

2. Landasan Teori

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi.

Karakteristik Sungai dan Daerah Aliran Sungai

Aliran permukaan pada daerah tangkapan air (daerah aliran sungai, DAS) terjadi dalam beberapa bentuk yaitu 1) aliran limpasan pada permukaan tanah, 2) aliran melalui parit/selokan, 3) aliran melalui sungai kecil, dan 4) aliran melalui sungai utama.

Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau.

Teori Perbandingan DAS

Pemodelan ini digunakan untuk melengkapi data yang tidak ada. Teori ini digunakan jika titik pemodelan berada di DAS yang sama dengan titik tinjauan terukur. Rumus yang digunakan :

$$Q_{model} = \frac{Q_{tinjauan} \cdot A_{model}}{A_{tinjauan}} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- Q_{model} = Data debit dimodelkan
- $Q_{tinjauan}$ = Data debit terukur
- A_{model} = Luas DAS titik pemodelan
- $A_{tinjauan}$ = Luas DAS titik terukur

Evapotranspirasi Metode Penman-Monteith

Evapotranspirasi adalah evaporasi dari permukaan lahan yang ditumbuhi tanaman. Data klimatologi merupakan hal paling dasar yang sangat dibutuhkan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi. Penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan menurut

metode Penman-Monteith memerlukan data iklim dan letak stasiun klimatologi sehingga pengolahan data harus dilakukan sesuai dengan kriteria satuan yang sesuai dengan metode tersebut di atas.

Data iklim tersebut adalah :

1. Suhu udara rata-rata dalam satuan derajat celsius ($^{\circ}C$);
2. Kelembaban relatif rata-rata dalam persen (%);
3. Kecepatan angin rata-rata dalam satuan meter per detik (m/s);
4. Lama penyinaran matahari dalam satu hari yang dinyatakan dengan satuan jam

Penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman-Monteith adalah :

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- ET_o adalah evapotranspirasi tanaman acuan, (mm/hari);
- R_n adalah radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman (MJ/m²/hari);
- T adalah suhu udara rata-rata, ($^{\circ}C$);
- U_2 adalah kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah (m/s);
- e_s adalah tekanan uap air jenuh, (kPa);
- e_a adalah tekanan uap air aktual, (kPa).
- Δ adalah kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu, (kPa/ $^{\circ}C$);
- γ adalah konstanta psikrometrik, (kPa/ $^{\circ}C$).

Persamaan Dasar Model NRECA

Persamaan dasar keseimbangan air yang digunakan pada metode NRECA ini adalah :

$$RO = P - AE + \Delta S \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

- P = Presipitasi
- AE = Penguapan actual
- ΔS = Perubahan tampungan
- RO = Aliran permukaan

Kalibrasi Model

- a. Hasil perhitungan analisis debit sungai Metode NRECA tidak dapat langsung digunakan, data debit analisis tersebut harus dibandingkan terlebih dahulu dengan data debit terukur. Hasil perbandingan dibutuhkan untuk melihat selisih antara debit terukur dan debit analisis. Semakin dekat selisih keduanya semakin baik dan terpercaya hasil perhitungan analisisnya. Langkah-langkah untuk kalibrasi model :

1. Mencoba coba nilai parameter PSUB dan GWS (parameter dgn sensitifitas tinggi) sehingga didapatkan nilai perbedaan debit analisis dengan debit terukur, minimum;
2. Mencoba coba nilai parameter c, SMS, GWS, dan CROPF (parameter dgn sensitifitas rendah) sehingga didapatkan nilai perbedaan debit analisis dengan debit terukur, minimum;
3. Mencoba coba nilai bobot pengaruh tiap stasiun hujan, dalam menghitung hujan rerata DAS.

b. Uji Model Koefisien Nash-Sutcliffe (Nash Sutcliffe Coefficient)

Uji model ini dilakukan untuk menilai tingkat kemiripan model hidrologi. Dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$E = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_m^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_o)^2} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:.....

Qo = Data debit terukur (observe discharge)

Qm = Data debit analisis (model discharge)

Qo^t = Data debit terukur pada waktu ke-t

Efisiensi Nash-Sutcliffe antara -∞ sampai 1. Jika efisiensi adalah 1 (E=1) menandakan data analisis dan data terukur sangat mirip. Jika efisiensi adalah 0 (E=0) mengindikasikan bahwa data analisis mirip dengan rata-rata dari data terukur. Sedangkan untuk efisiensi kurang dari 0 (E<0) menandakan rata-rata data terukur lebih baik daripada data analisis

Analisis Debit Andalan (Q₈₀)

Debit andalan adalah debit minimum sungai yang dipengaruhi oleh nilai probabilitas. Untuk perencanaan irigasi, debit andalan yang akan dihitung sebesar 80%, yang artinya debit tersebut mempunyai kemungkinan terjadi sebesar 80% dan tidak terpenuhi sebesar 20%.

Tingkat keandalan debit dihitung berdasarkan nilai probabilitas kejadian mengikuti rumus :

$$P (\%) = m / (n + 1) \cdot 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Dengan :

P (%) = Probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan (%)

M = Nomor urut data

N = Jumlah data

Perhitungan dilakukan dengan mengurutkan semua data setiap tahun pada bulan yang sama dengan data yang paling besar pada nomor urut 1 sampai data paling kecil pada nomor urut terakhir. Setelah diurutkan, dicari nilai debit pada probabilitas 80% jika diperlukan bisa dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai antara.

Analisis Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan manusia akan air sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan penduduk, perkembangan dan kebutuhan pangan. Kebutuhan air tersebut dapat meliputi beberapa hal seperti : kebutuhan air bersih, irigasi, peternakan, dan industri.

Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air di sawah untuk padi ditentukan oleh beberapa faktor :

1. Penyiapan lahan
2. Penggunaan konsumtif
3. Perkolasi dan rembesan
4. Pergantian lapisan air, dan
5. Curah hujan efektif

Kebutuhan air di sawah dinyatakan dalam mm/hari atau liter/det.ha.

Analisis Neraca Air

Neraca air merupakan kesetimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Rumus yang digunakan :

Neraca Air = Ketersediaan Air - Kebutuhan Air

Jika hasil perhitungan neraca air positif menandakan terjadi kelebihan air, sedangkan jika negatif menandakan terjadinya kekurangan air.

3. Metodologi Penelitian

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Moayat adalah salah satu anak sungai dari DAS Dumoga yang terletak di Desa Poyowa 1 Kecamatan Kotamobagu Selatan dan titik penelitian yang penulis ambil merupakan bendung Moayat yang mengalir dua Daerah Irigasi yaitu Moayat dan Pawak.

4. Hasil Dan Pembahasan

Data Debit Terukur

Data debit terukur terlampir pada Tabel 1.

Kalibrasi Model NRECA Modified

Sebelum menganalisis data tahun lainnya, dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk melihat sejauh mana akurat data tersebut setelah parameter-parameter PSUB, GWF, CROPF, STORAGE dan GWS diasumsikan dengan batas-batas yang telah ditetapkan (Tabel 2). Parameter pada data dasar ini dicoba-coba untuk menghitung nilai debit analisis menggunakan model NRECA. Selanjutnya nilai yang didapatkan dibandingkan dengan debit terukur di lapangan sebagai acuan untuk dilihat keterkaitannya (Tabel 3). Untuk menguji keterkaitan antara debit terukur dan debit analisis maka digunakan uji model uji koefisien Nash-Sutcliffe. Berikut merupakan perhitungan uji koefisien Nash-Sutcliffe untuk data tahun 2014 (Tabel 4).

Tabel 1. Data Debit Terukur Titik Bendung Moayat pada bulan Januari sampai April setelah dilakukan perbandingan

| BULAN | JAN | | FEB | | MAR | | APR | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 2015 | 0.062 | 0.061 | 0.064 | 0.045 | 0.038 | 0.040 | 0.043 | 0.053 |
| 2014 | 0.067 | 0.059 | 0.052 | 0.041 | 0.040 | 0.041 | 0.047 | 0.041 |
| 2013 | 0.062 | 0.061 | 0.064 | 0.045 | 0.038 | 0.040 | 0.043 | 0.053 |
| 2012 | 0.081 | 0.062 | 0.057 | 0.052 | 0.069 | 0.054 | 0.079 | 0.063 |
| 2009 | 0.037 | 0.047 | 0.042 | 0.037 | 0.033 | 0.032 | 0.039 | 0.040 |
| 2008 | 0.041 | 0.037 | 0.047 | 0.038 | 0.047 | 0.039 | 0.048 | 0.054 |

Tabel 2. Data Dasar Kalibrasi NRECA untuk Data Tahun 2014

| | | | | | |
|------------------------------|-------------|-----------------|-------------|----------|---------------------------|
| Luas DAS = | 70 | km ² | KA = | 0.05 | |
| Curah Hujan Rerata Tahunan = | 1536.066667 | mm | CROPF = | 0.9 | |
| Koefisien C = | 0.2 | | STORAGE = | 355.276 | mm |
| NOMINAL = | 407.2133333 | mm | GWS = | 6.844 | mm |
| PSUB = | 0.900 | | Debit rata- | analisis | terukur |
| GWF = | 0.200 | | rata = | 0.047 | 0.049 m ³ /det |

Tabel 3. Debit Analisis dan Terukur untuk Data Tahun 2014

| Tahun | Bulan | Debit Analisis (m ³ /det) | Debit Terukur (m ³ /det) |
|-------|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 2014 | Jan 1 | 0.074 | 0.067 |
| | Jan 2 | 0.055 | 0.059 |
| | Feb 1 | 0.047 | 0.052 |
| | Feb 2 | 0.044 | 0.041 |
| | Mar 1 | 0.030 | 0.040 |
| | Mar 2 | 0.049 | 0.047 |
| | Apr 1 | 0.044 | 0.041 |
| | Apr 2 | 0.032 | 0.041 |

Tabel 4. Perhitungan Uji Koefisien Nash-Sutcliffe untuk Data Tahun 2014

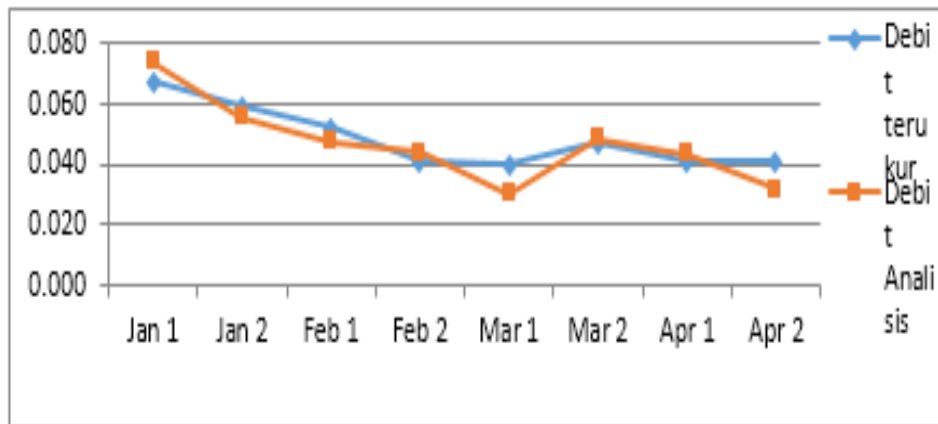
| Tahun | BULAN | Xobs | Xmodel | \overline{Xobs} | (Xobs - Xmodel) | (Xobs - X Model) ² | (Xobs - \overline{Xobs}) | (Xobs - \overline{Xobs}) ² |
|-------|-------|--------|--------|-------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|--|
| 2014 | Jan 1 | 0.0670 | 0.0739 | 0.0485 | -0.0069 | 0.0000 | 0.0185 | 0.0003 |
| | Jan 2 | 0.0590 | 0.0554 | 0.0485 | 0.0036 | 0.0000 | 0.0105 | 0.0001 |
| | Feb 1 | 0.0520 | 0.0473 | 0.0485 | 0.0047 | 0.0000 | 0.0035 | 0.0000 |
| | Feb 2 | 0.0410 | 0.0437 | 0.0485 | -0.0027 | 0.0000 | - | 0.0001 |
| | Mar 1 | 0.0400 | 0.0303 | 0.0485 | 0.0097 | 0.0001 | - | 0.0001 |
| | Mar 2 | 0.0470 | 0.0486 | 0.0485 | -0.0016 | 0.0000 | - | 0.0000 |
| | Apr 1 | 0.0410 | 0.0436 | 0.0485 | -0.0026 | 0.0000 | - | 0.0001 |
| | Apr 2 | 0.0410 | 0.0320 | 0.0485 | 0.0090 | 0.0001 | - | 0.0001 |
| | | | | | $\Sigma =$ | 0.000 | $\Sigma =$ | 0.001 |

*cat: Xobs = Debit terukur ; Xmodel = Debit analisis

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{model})^2}{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - \overline{X_{obs}})^2} = 1 - \frac{0,000}{0,001} = 0,63$$

Karena nilai $E = 0.63$ maka dapat diambil kesimpulan bahwa data hasil analisis mirip dengan data terukur, sehingga data analisis dapat dipercaya. Grafik

hubungan antara data analisis dan terukur dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Debit Analisis dan Terukur untuk Data Tahun 2014

Rekapitulasi Analisis Ketersediaan Air

Parameter data tahun 2014 yang sudah dikalibrasi menjadi acuan untuk menghitung ketersediaan air untuk data tahun lainnya. Hasil debit analisis untuk tahun 2008-2009 dan 2012-2014 ditampilkan pada Tabel 5.

Perhitungan Debit Andalan (Q80)

Debit andalan dihitung dengan nilai debit analisis yang sudah didapatkan dari 5 tahun diatas, lalu diurutkan semua data analisis pada minggu yang sama dari paling kecil ke yang terbesar. Setelah itu dihitung P (%) dengan rumus Weibull.

Perhitungan P (%) untuk data dengan nomor urut 1 :

$$P (\%) = m / (n + 1) \times 100\%$$

$$P (\%) = 1 / (5 + 1) \times 100\%$$

$$P (\%) = 16.67\%$$

Setelah itu data di minggu yang sama diurutkan dari paling besar ke yang terkecil (Tabel 6).

Setelah itu dilakukan perhitungan ketersediaan air 20 tahun ke depan dengan asumsi setiap tahun terjadi pengurangan debit andalan sebesar 2% dengan pertimbangan apabila terjadinya perubahan alih fungsi lahan di DAS. Asumsi ini juga berdasarkan wawancara dengan warga sekitar mengenai debit sungai Moayat yang setiap tahun semakin berkurang.

Analisis Kebutuhan Air Baku

Jumlah penduduk sangat berpengaruh perhitungan kebutuhan air baku. Dalam menganalisis kebutuhan air baku dari penduduk, maka perlu memproyeksikan jumlah penduduk untuk 20 tahun kedepan sesuai dengan perencanaan dalam penelitian ini. Data penduduk yang digunakan merupakan data penduduk Kecamatan Modayag Barat, dikarenakan kecamatan ini terdapat dalam DAS yang dianalisis.

Analisis Ketersediaan Air di Titik Bendung Moayat

1. Ketersediaan Air di Titik Bendung Moayat setelah dikurangi penggunaan air baku di anak sungai.
2. Ketersediaan air di Titik Bendung Moayat tahun 2036 dengan asumsi debit sungai berkurang 2% setiap tahun sejak 2016 dikurangi dengan kebutuhan air baku di kecamatan Modayag Barat.

Analisis Kebutuhan Air Irigasi

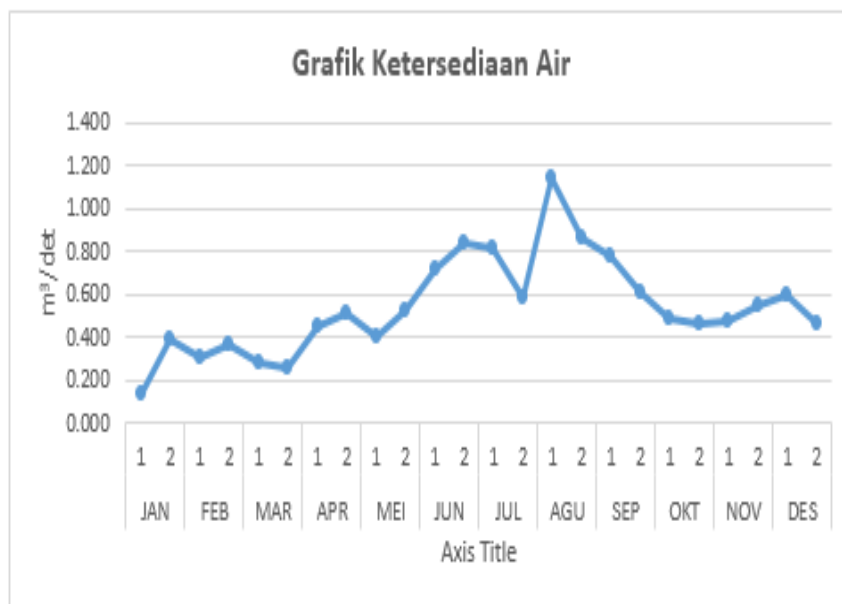
Perhitungan untuk kebutuhan air irigasi dalam penelitian ini akan dilakukan dalam kurun waktu setahun dengan pola tanam dimana masa persiapan lahannya adalah bulan Januari, Mei dan September.

Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan air di titik bendung Moayat meliputi Daerah Irigasi Pawak, Daerah Irigasi Moayat dan Daerah Irigasi Lombiawan. Kebutuhan air di masing-masing Daerah Irigasi dihitung pula berdasarkan luas daerah layan fungsional serta luas daerah lahan potensial diubah menjadi lahan fungsional sehingga terdapat penambahan luas lahan.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Debit Andalan 80 %

| Bulan | Minggu | Debit Andalan 80 % | Satuan |
|-------|--------|--------------------|-----------------------|
| JAN | 1 | 0.133 | (m ³ /det) |
| | 2 | 0.390 | |
| FEB | 1 | 0.306 | |
| | 2 | 0.362 | |
| MAR | 1 | 0.280 | |
| | 2 | 0.259 | |
| APR | 1 | 0.451 | |
| | 2 | 0.513 | |
| MEI | 1 | 0.405 | |
| | 2 | 0.526 | |
| JUN | 1 | 0.719 | |
| | 2 | 0.833 | |
| JUL | 1 | 0.812 | |
| | 2 | 0.584 | |
| AGU | 1 | 1.143 | |
| | 2 | 0.861 | |
| SEP | 1 | 0.776 | |
| | 2 | 0.604 | |
| OKT | 1 | 0.483 | |
| | 2 | 0.465 | |
| NOV | 1 | 0.471 | |
| | 2 | 0.541 | |
| DES | 1 | 0.598 | |
| | 2 | 0.459 | |



Gambar 2. Grafik Ketersediaan Air pada titik Bendung Moayat

Tabel 7. Hasil Perhitungan Debit Andalan 80 % Tahun 2036

| Bulan | Minggu | Debit Andalan 80 % | Satuan |
|-------|--------|--------------------|-----------------------|
| JAN | 1 | 0.089 | (m ² /det) |
| | 2 | 0.260 | |
| FEB | 1 | 0.204 | |
| | 2 | 0.242 | |
| MAR | 1 | 0.187 | |
| | 2 | 0.173 | |
| APR | 1 | 0.301 | |
| | 2 | 0.342 | |
| MEI | 1 | 0.270 | |
| | 2 | 0.351 | |
| JUN | 1 | 0.480 | |
| | 2 | 0.556 | |
| JUL | 1 | 0.542 | |
| | 2 | 0.390 | |
| AGU | 1 | 0.763 | |
| | 2 | 0.575 | |
| SEP | 1 | 0.518 | |
| | 2 | 0.403 | |
| OKT | 1 | 0.322 | |
| | 2 | 0.310 | |
| NOV | 1 | 0.314 | |
| | 2 | 0.361 | |
| DES | 1 | 0.399 | |
| | 2 | 0.306 | |

Tabel 8. Proyeksi Jumlah Penduduk dengan Analisis Regresi Eksponensial

| Tahun | Jumlah Penduduk (Jiwa) |
|-------|------------------------|
| 2010 | 9879 |
| 2011 | 10026 |
| 2012 | 10084 |
| 2013 | 10223 |
| 2014 | 10322 |
| 2015 | 10450 |
| 2016 | 10538 |
| 2017 | 10674 |
| 2018 | 10791 |
| 2019 | 10909 |
| 2020 | 11029 |
| 2021 | 11150 |
| 2022 | 11272 |
| 2023 | 11396 |
| 2024 | 11521 |
| 2025 | 11647 |
| 2026 | 11775 |
| 2027 | 11904 |
| 2028 | 12035 |
| 2029 | 12167 |
| 2030 | 12301 |
| 2031 | 12435 |
| 2032 | 12572 |
| 2033 | 12710 |
| 2034 | 12849 |
| 2035 | 12990 |
| 2036 | 13133 |

Tabel 9. Kebutuhan Air Baku Total

| Tahun | Kebutuhan Air Domestik (Qd) | Kebutuhan Air Non Domestik (Qn) | Kehilangan Air (Qa) | Kebutuhan Air Baku Total (Qt) | |
|-------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------|
| | l/detik | | | m ³ /det | |
| 2016 | 3.666 | 0.1833 | 0.5774 | 4.4266 | 0.004427 |
| 2017 | 3.706 | 0.1853 | 0.5837 | 4.4752 | 0.004475 |
| 2018 | 3.747 | 0.1873 | 0.5901 | 4.5243 | 0.004524 |
| 2019 | 3.788 | 0.1894 | 0.5966 | 4.5739 | 0.004574 |
| 2020 | 3.829 | 0.1915 | 0.6031 | 4.6241 | 0.004624 |
| 2021 | 3.871 | 0.1936 | 0.6098 | 4.6748 | 0.004675 |
| 2022 | 3.914 | 0.1957 | 0.6165 | 4.7261 | 0.004726 |
| 2023 | 3.957 | 0.1978 | 0.6232 | 4.7780 | 0.004778 |
| 2024 | 4.000 | 0.2000 | 0.6301 | 4.8304 | 0.00483 |
| 2025 | 4.044 | 0.2022 | 0.6370 | 4.8834 | 0.004883 |
| 2026 | 4.089 | 0.2044 | 0.6440 | 4.9370 | 0.004937 |
| 2027 | 4.133 | 0.2067 | 0.6510 | 4.9912 | 0.004991 |
| 2028 | 4.179 | 0.2089 | 0.6582 | 5.0459 | 0.005046 |
| 2029 | 4.225 | 0.2112 | 0.6654 | 5.1013 | 0.005101 |
| 2030 | 4.271 | 0.2136 | 0.6727 | 5.1573 | 0.005157 |
| 2031 | 4.318 | 0.2159 | 0.6801 | 5.2138 | 0.005214 |
| 2032 | 4.365 | 0.2183 | 0.6875 | 5.2710 | 0.005271 |
| 2033 | 4.413 | 0.2207 | 0.6951 | 5.3289 | 0.005329 |
| 2034 | 4.462 | 0.2231 | 0.7027 | 5.3874 | 0.005387 |
| 2035 | 4.511 | 0.2255 | 0.7104 | 5.4465 | 0.005446 |
| 2036 | 4.560 | 0.2280 | 0.7182 | 5.5062 | 0.005506 |

Tabel 10. Ketersediaan Air di Titik Bendung Moayat Tahun 2016

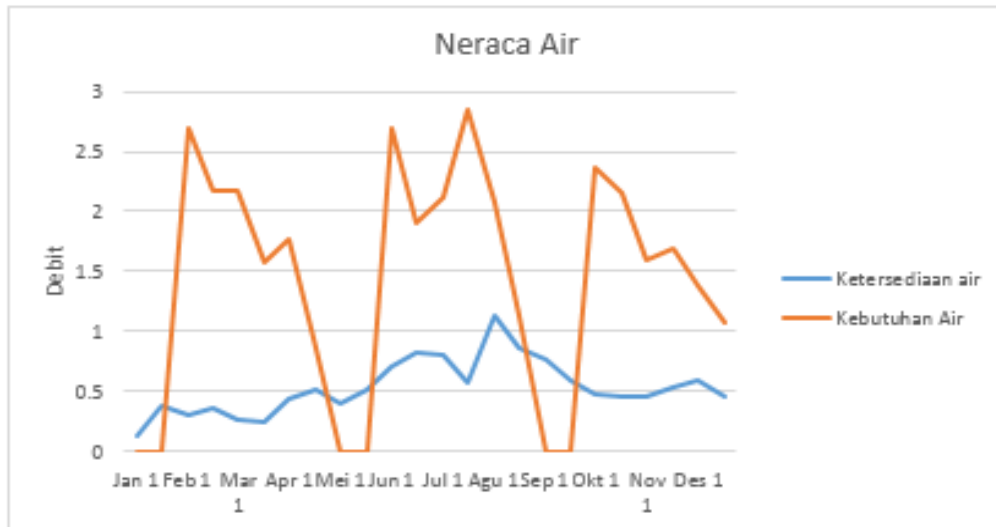
| Bulan | Minggu | Debit Andalan 80% | Kebutuhan air baku | Ketersediaan Air | Satuan |
|-------|--------|-------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| JAN | 1 | 0.134 | 0.006 | 0.128 | (m ³ /det) |
| | 2 | 0.391 | 0.006 | 0.385 | |
| FEB | 1 | 0.306 | 0.006 | 0.301 | |
| | 2 | 0.363 | 0.006 | 0.357 | |
| MAR | 1 | 0.281 | 0.006 | 0.275 | |
| | 2 | 0.259 | 0.006 | 0.254 | |
| APR | 1 | 0.451 | 0.006 | 0.446 | |
| | 2 | 0.513 | 0.006 | 0.508 | |
| MEI | 1 | 0.405 | 0.006 | 0.400 | |
| | 2 | 0.526 | 0.006 | 0.521 | |
| JUN | 1 | 0.719 | 0.006 | 0.714 | |
| | 2 | 0.833 | 0.006 | 0.828 | |
| JUL | 1 | 0.812 | 0.006 | 0.807 | |
| | 2 | 0.584 | 0.006 | 0.579 | |
| AGU | 1 | 1.144 | 0.006 | 1.138 | |
| | 2 | 0.862 | 0.006 | 0.856 | |
| SEP | 1 | 0.777 | 0.006 | 0.771 | |
| | 2 | 0.604 | 0.006 | 0.599 | |
| OKT | 1 | 0.483 | 0.006 | 0.478 | |
| | 2 | 0.466 | 0.006 | 0.460 | |
| NOV | 1 | 0.471 | 0.006 | 0.466 | |
| | 2 | 0.541 | 0.006 | 0.536 | |
| DES | 1 | 0.599 | 0.006 | 0.593 | |
| | 2 | 0.460 | 0.006 | 0.454 | |

Tabel 11. Ketersediaan Air di Titik Bendung Moayat Tahun 2036

| Bulan | Daerah Irigasi | | | Kebutuhan Air Total |
|---------------------|----------------|--------------|-----------|---------------------|
| | Moayat | Pawak | Lombiawan | |
| m ³ /det | | | | |
| Jan 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Jan 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Feb 1 | 2.083 | 0.425 | 0.177 | 2.686 |
| Feb 2 | 1.679 | 0.343 | 0.143 | 2.164 |
| Mar 1 | 1.681 | 0.343 | 0.143 | 2.167 |
| Mar 2 | 1.218 | 0.248 | 0.104 | 1.570 |
| Apr 1 | 1.366 | 0.279 | 0.116 | 1.761 |
| Apr 2 | 0.709 | 0.145 | 0.001 | 0.854 |
| Mei 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mei 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Jun 1 | 2.083 | 0.425 | 0.177 | 2.686 |
| Jun 2 | 1.480 | 0.302 | 0.126 | 1.908 |
| Jul 1 | 1.647 | 0.336 | 0.140 | 2.123 |
| Jul 2 | 2.203 | 0.449 | 0.187 | 2.839 |
| Agu 1 | 1.612 | 0.329 | 0.137 | 2.078 |
| Agu 2 | 0.929 | 0.190 | 0.024 | 1.142 |
| Sep 1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Sep 2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Okt 1 | 1.881 | 0.384 | 0.101 | 2.365 |
| Okt 2 | 1.674 | 0.342 | 0.142 | 2.158 |
| Nov 1 | 1.238 | 0.252 | 0.105 | 1.595 |
| Nov 2 | 1.307 | 0.267 | 0.111 | 1.684 |
| Des 1 | 1.074 | 0.219 | 0.091 | 1.385 |
| Des 2 | 0.878 | 0.179 | 0.019 | 1.077 |

Tabel 12. Tabel perhitungan Neraca Air Tahun 2036 dengan Anggapan Tidak Terjadi Penurunan Debit Ketersediaan Air Sejak tahun 2016 dan Tidak Terjadi Penambahan Lahan Fungsional untuk Kebutuhan Air Tahun 2036

| Bulan | Ketersediaan Air | Kebutuhan Air | Neraca Air |
|-------|---------------------|---------------|------------|
| | m ³ /det | | |
| Jan 1 | 0.128 | 0.000 | 0.128 |
| Jan 2 | 0.385 | 0.000 | 0.385 |
| Feb 1 | 0.301 | 2.686 | -2.385 |
| Feb 2 | 0.357 | 2.164 | -1.807 |
| Mar 1 | 0.275 | 2.167 | -1.892 |
| Mar 2 | 0.254 | 1.570 | -1.316 |
| Apr 1 | 0.446 | 1.761 | -1.316 |
| Apr 2 | 0.308 | 0.854 | -0.547 |
| Mei 1 | 0.400 | 0.000 | 0.400 |
| Mei 2 | 0.521 | 0.000 | 0.521 |
| Jun 1 | 0.714 | 2.686 | -1.972 |
| Jun 2 | 0.828 | 1.908 | -1.081 |
| Jul 1 | 0.807 | 2.123 | -1.316 |
| Jul 2 | 0.579 | 2.839 | -2.260 |
| Agu 1 | 1.138 | 2.078 | -0.940 |
| Agu 2 | 0.856 | 1.142 | -0.286 |
| Sep 1 | 0.771 | 0.000 | 0.771 |
| Sep 2 | 0.599 | 0.000 | 0.599 |
| Okt 1 | 0.478 | 2.365 | -1.887 |
| Okt 2 | 0.460 | 2.158 | -1.698 |
| Nov 1 | 0.466 | 1.595 | -1.130 |
| Nov 2 | 0.536 | 1.684 | -1.149 |
| Des 1 | 0.595 | 1.385 | -0.791 |
| Des 2 | 0.454 | 1.077 | -0.623 |



Gambar 3. Neraca Air

Ketersediaan Air

Ketersediaan air dihitung menggunakan model NRECA. Ketersediaan air dihitung dua bagian untuk mendapatkan nilai ketersediaan air tahun 2036 dengan anggapan; tidak adanya penurunan debit dan adanya penurunan debit karena alih fungsi lahan. Berikut adalah hasil untuk ketersediaan air tahun 2036 dengan anggapan tidak terjadi penurunan debit sejak 2016 :

Jan 1 – Des 2: 0.128, 0.385, 0.301, 0.357, 0.275, 0.254, 0.446, 0.508, 0.400, 0.521, 0.714, 0.828, 0.807, 0.579, 1.138, 0.856, 0.771, 0.599, 0.478, 0.460, 0.466, 0.536, 0.593, 0.454

Berikut adalah hasil untuk ketersediaan air tahun 2036 dengan anggapan adanya penurunan debit sejak tahun 2016 sebesar 2% setiap tahun :

Jan 1– Des 2: 0.084, 0.255, 0.199, 0.237, 0.182, 0.168, 0.296, 0.337, 0.265, 0.346, 0.475, 0.551, 0.537, 0.385, 0.758, 0.570, 0.513, 0.398, 0.317, 0.305, 0.309, 0.356, 0.394, 0.301

Kebutuhan Air

Kebutuhan air yang dihitung meliputi kebutuhan air irigasi. Kebutuhan air irigasi pun dihitung bukan hanya kebutuhan air lahan fungsionalnya saja tapi juga kebutuhan air lahan potensial.

Berikut adalah hasil perhitungan untuk kebutuhan air total dimana di dalamnya terdapat penjumlahan kebutuhan air irigasi lahan fungsional :

Jan 1 – Des 2: 0.000, 0.000, 2.686, 2.164, 2.167, 1.570, 1.761, 0.854, 0.000, 0.000, 2.686, 1.908, 2.123, 2.839, 2.078, 1.142, 0.000, 0.000, 2.365, 2.158, 1.595, 1.684, 1.385, 1.077

Berikut adalah hasil perhitungan kebutuhan air total dimana di dalamnya terdapat penjumlahan kebutuhan air irigasi potensial dan potensial :

Jan 1 – Des 2: 0.000, 0.000, 3.262, 2.629, 2.632, 1.907, 2.140, 0.974, 0.000, 0.000, 3.262, 2.318, 2.579, 3.449,

2.524, 1.328, 0.000, 0.000, 2.810, 2.621, 1.938, 2.046, 1.682, 1.249

Neraca Air

Dari 2 data ketersediaan dan 2 data kebutuhan air yang didapat maka bisa didapatkan 4 alternatif untuk keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan antara lain sebagai berikut :

Neraca Air Alternatif I

- Ketersediaan air tahun 2036 apabila tidak terjadi penurunan debit sejak 2016.
- Kebutuhan air 2036 yang terdiri dari kebutuhan air irigasi Lombiawan, Moayat dan Pawak dimana dianggap tidak ada perluasan lahan sejak tahun 2016.

Neraca Air Alternatif II

- Ketersediaan air tahun 2036 apabila tidak terjadi penurunan debit sejak tahun 2016.
- Kebutuhan air yang terdiri dari kebutuhan air baku dan kebutuhan air irigasi dengan anggapan semua lahan potensial telah berubah menjadi fungsional sehingga terjadi perluasan lahan.

Neraca Air Alternatif III

- Ketersediaan air tahun 2036 apabila terjadi penurunan debit sebesar 2% per tahun sejak 2016.
- Kebutuhan air tahun 2036 yang terdiri dari kebutuhan air baku dan kebutuhan air irigasi dimana dianggap tidak ada perluasan lahan sejak tahun 2016.

Neraca Air Alternatif IV

- Ketersediaan air tahun 2036 apabila terjadi penurunan debit sebesar 2% per tahun sejak tahun 2016.
- Kebutuhan air tahun 2036 yang terdiri dari kebutuhan air baku dan kebutuhan air irigasi dengan anggapan semua lahan potensial berubah menjadi lahan fungsional sehingga terjadi perluasan lahan

5. Penutup

Kesimpulan

1. Hitungan ketersediaan air yang meliputi : Ketersediaan air tahun 2036 dengan anggapan tidak terjadi penurunan debit sejak 2016;
Jan 1 – Des 2: 0.128, 0.385, 0.301, 0.357, 0.275, 0.254, 0.446, 0.508, 0.400, 0.521, 0.714, 0.828, 0.807, 0.579, 1.138, 0.856, 0.771, 0.599, 0.478, 0.460, 0.466, 0.536, 0.593, 0.454
Ketersediaan air tahun 2036 dengan anggapan terjadi penurunan debit sejak tahun 2016 sebesar 2% setiap tahun;
Jan 1– Des 2: 0.084, 0.255, 0.199, 0.237, 0.182, 0.168, 0.296, 0.337, 0.265, 0.346, 0.475, 0.551, 0.537, 0.385, 0.758, 0.570, 0.513, 0.398, 0.317, 0.305, 0.309, 0.356, 0.394, 0.301
2. Hitungan kebutuhan air yang meliputi : Kebutuhan air tahun 2036 dengan anggapan tidak ada penambahan lahan fungsional sejak tahun 2016;
Jan 1 – Des 2: 0.000, 0.000, 2.686, 2.164, 2.167, 1.570, 1.761, 0.854, 0.000, 0.000, 2.686, 1.908, 2.123, 2.839, 2.078, 1.142, 0.000, 0.000, 2.365, 2.158, 1.595, 1.684, 1.385, 1.077

Kebutuhan air tahun 2036 di mana lahan potensial yang ada telah beralih fungsi menjadi lahan potensial;

Jan 1 – Des 2: 0.000, 0.000, 3.262, 2.629, 2.632, 1.907, 2.140, 0.974, 0.000, 0.000, 3.262, 2.318, 2.579, 3.449, 2.524, 1.328, 0.000, 0.000, 2.810, 2.621, 1.938, 2.046, 1.682, 1.249

3. Hitungan ketersediaan air dan kebutuhan air yang ada bisa didapatkan 4 alternatif untuk analisis neraca air, di mana berdasarkan hasil perhitungan semua alternatif menunjukkan nilai neraca air defisit. Hanya pada bulan Januari, Mei dan September saja nilai neraca air terlihat surplus hal ini dikarenakan bulan-bulan ini adalah bulan untuk penyemaian lahan irigasi.
4. Debit sungai Moayat di titik bendung Moayat tidak cukup untuk memenuhi semua kebutuhan air yang meliputi kebutuhan air irigasi Moayat, Pawak dan Lombiawan dan kebutuhan air baku di kecamatan Modayag Barat.

Saran

1. Diadakan pengelolaan DAS berupa penghijauan hutan di sekitar daerah aliran sungai untuk pemulihan DAS.
2. Dalam penggunaan air untuk irigasi disarankan untuk diterapkan sistem golongan berupa pembagian luas areal tanam.
3. Pihak pengelola daerah irigasi Moayat dan Pawak disarankan agar tidak mengalih-fungsikan lahan potensial menjadi fungsional. Sebaiknya lahan potensial ditanami tanaman palawija atau buah-buahan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. *Peta Rupa Bumi Indonesia daerah Kotamobagu (tahun 1991)*, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL), Bogor.
- _____. *Peta Rupa Bumi Indonesia daerah Bilalang (tahun 1991)*, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL), Bogor.
- Anonim, 1985 . *Bina Program PSA*, Direktur Jenderal Pengairan, Jakarta.
- Anonim, 1986 . *Standar perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01 dan KP-03*, Direktur Jenderal Pengairan, Jakarta.
- Anonim, 2014. *Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan*, Modul Pelatihan CDTA 7849-INO. Badan Pusat Statistik Kota Kotamobagu, 2013. *Kotamobagu Dalam Angka*, Kota Kotamobagu: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Kotamobagu dan Badan Pusat Statistik Kota Kotamobagu.
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta. (2,4,7,8,17).
- Crawford, N & Thurin S. M, 1981. *Hydrologic Estimate for Small Hydroelectric Projects*, National Rural Electric Cooperative Association (NRECA), Washington DC.
- Data Hidroklimatologi Pos* , Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, Manado.
- Dwi Tirta Yudha Gaib, 2016, *Perencanaan Peningkatan Kapasitas Produksi Air Bersih Ibukota Kecamatan Nuangan*, Skripsi S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado. Hal 9-16

- Kandey, Dave Steve. 2015. "Optimalisasi Pemanfaatan Sungai Polimaan untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi". Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Kansil, Glend Randy. 2015. Analisis Neraca Air Sungai Akembuala di Kota Tahuna Kabupaten Sangihe: Jurnal Sipil Statik Vol.3 No. 7.
- Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe, 1970. *River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles*, Journal of Hydrology, 10 (3), 282-290.
- Soetopo, Widandi, Zulkipli dan Hari Prasetijo. 2012. *Analisa Neraca Air Permukaan DAS Renggang untuk Memenuhi Kebutuhan Air Irigasi dan Domestik Penduduk Kabupaten Lombok Tengah*. Malang: Jurnal Teknik Pengairan Vol. 3 Nomor 2.