

ANALISIS NERACA AIR SUNGAI RANOWANGKO

Dzul Firmansah Dengo
Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung
Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
Email : mr.zhokolatozzz@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Ranowangko merupakan sungai yang menjadi sumber utama dalam memenuhi kebutuhan air di daerah sekitarnya. Potensi air sungai ini banyak digunakan untuk mengairi kawasan irigasi di daerah tersebut. Sementara itu ketersediaan air di sungai Ranowangko cenderung akan mengalami penurunan, sehingga dibutuhkan adanya suatu studi neraca air untuk melihat bagaimana keseimbangan antara ketersediaan air di sungai Ranowangko dan kemungkinan penggunaan serta kebutuhan air di daerah layanannya. Analisis ketersediaan dan kebutuhan air dilakukan pada dua titik tinjauan berdasarkan data-data yang tersedia, yaitu ; peta topografi, data hujan setengah bulanan, data klimatologi, data luas lahan irigasi, dan data debit. Ketersediaan air dihitung pada dua titik tinjauan menggunakan model NRECA sedangkan kalibrasi dilakukan pada data tahun 2013 dengan tingkat keakuratan yang dihitung menggunakan model Coefficcition of Determination (R^2) sebesar 0,75. Kebutuhan air dihitung dengan membuat sistem pola tanam dimana terdapat 3 musim tanam dalam satu tahun dan dilakukan sistem pengairan secara terus menerus. Hasil analisis neraca air menunjukkan bahwa terjadi kekurangan air di beberapa periode, diantaranya pada periode Juli II, Agustus I, September I, September II, Oktober II, November I, November II, dan Desember I pada titik tinjauan A serta periode September II, Oktober II, November I dan Desember I pada titik tinjauan B.

Kata kunci : sungai Ranowangko, NRECA, kebutuhan air irigasi, neraca air

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Neraca air merupakan suatu perbandingan antara ketersediaan ataupun masukan air dengan kebutuhan ataupun pemakaian air di suatu tempat dalam periode tertentu. Dengan adanya suatu analisis neraca air dapat diketahui apakah jumlah air tersebut mengalami kelebihan (surplus) ataupun mengalami kekurangan (defisit).

Sungai Ranowangko yang terbentang dari wilayah Kota Tomohon dan berakhir di Laut Sulawesi tepatnya di Tanawangko Kabupaten Minahasa, merupakan sumber utama dalam memenuhi kebutuhan air di daerah sekitarnya. Potensi air sungai ini banyak digunakan untuk mengairi kawasan irigasi di daerah tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa ketersediaan air di DAS Ranowangko sangatlah diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air yang ada. Sementara itu ketersediaan air di sungai Ranowangko cenderung akan mengalami penurunan. Berdasarkan hal-hal tersebut maka dibutuhkan adanya suatu studi neraca air untuk melihat bagaimana keseimbangan antara ketersediaan air di sungai Ranowangko dan kemungkinan penggunaan serta kebutuhan air di masa mendatang untuk daerah sekitarnya.

Rumusan Masalah

Potensi terjadinya kekurangan/defisit air pada daerah layanan di DAS Ranowangko.

Pembatasan Masalah

Tinjauan terhadap berbagai macam aspek yang ada merupakan kajian yang teramat luas, untuk itu penyusunan tugas akhir ini hanya dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Ketersediaan air dihitung memanfaatkan air sungai Ranowangko dengan lokasi yang akan ditinjau berupa dua titik tinjauan yaitu di Kelurahan Tara-Tara Kecamatan Tomohon Barat Kota Tomohon dan di Desa Uwaran Dua, 850m dari hulu sungai Ranowangko.
2. Kebutuhan air dihitung sesuai daerah layanan yang ada.
3. Untuk irigasi tidak dilakukan sistem golongan.

Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui keseimbangan air antara *supply* dan *demand* yang ada di Sungai Ranowangko.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk mengatur pendayagunaan air Sungai

Ranowanko agar lebih maksimal di masa mendatang sehingga kebutuhan akan air di daerah sekitarnya akan dapat selalu terpenuhi.

TINJAUAN PUSTAKA

Daerah Aliran Sungai

Sungai adalah suatu alur di permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah, dimana air mengalir dari daerah yang tinggi menuju daerah yang rendah dan terbentuk alur-alur akibat erosi. Air yang mengalir di sungai berasal dari air hujan. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi sebagian meresap ke dalam tanah, sebagian lagi menguap lagi, dan sisanya mengalir ke alur-alur sungai. Seluruh daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam sungai yang dimaksudkan di sebut Daerah Aliran Sungai (DAS).

Teori Perbandingan DAS

Pemodelan perbandingan DAS dapat digunakan untuk mengisi data-data yang hilang ataupun tidak tersedia. Teori ini bisa digunakan apabila letak titik pemodelan ada pada DAS yang sama dengan titik data terukur. Nantinya dengan menggunakan perbandingan luas DAS titik terukur dan luas DAS titik pemodelan, dapat dihitung data-data yang hilang ataupun tidak tersedia ini. Sebagai contoh untuk mencari data debit pada suatu titik pemodelan, dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{model} = \frac{Q_{observed} \times A_{model}}{A_{observed}} \dots\dots(1)$$

Dengan :

- Q_{model} = Debit yang akan dimodelkan
- $Q_{observed}$ = Debit terukur/tersedia
- A_{model} = Luas DAS titik data pemodelan
- $A_{observed}$ = Luas DAS titik data terukur

Evapotranspirasi Metode Thornthwaite

Evapotranspirasi merupakan proses dimana air berubah menjadi uap. Besarnya evapotranspirasi dipengaruhi oleh beberapa kondisi iklim, seperti radiasi matahari, kecepatan angin, kelembaban udara dan kondisi lingkungan sekitarnya.

Untuk menduga nilai evapotranspirasi dengan menggunakan metode Thornthwaite, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

➤ Untuk suhu udara rata-rata setengah bulanan ($t < 25^{\circ}\text{C}$) :

$$ETP = 1,6 \left(\frac{10t}{I}\right)^a \dots\dots\dots(2)$$

➤ Untuk suhu udara rata-rata setengah bulanan ($t \geq 25^{\circ}\text{C}$) :

$$ETP = -0,0433t^2 + 3,244t - 41,5445 \dots\dots(3)$$

Dengan :

ETP = Evapotranspirasi setengah bulanan (Cm/setengah bulan)

t = Suhu rata-rata setengah bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

I = Akumulasi indeks panas dalam setahun. Dihitung dengan rumus :

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \dots\dots\dots(4)$$

$$a = 0,000000675I^3 - 0,0000771I^2 + 0,01792I + 0,49239 \dots\dots\dots(5)$$

Nilai ETP yang diperoleh ini belum dikoreksi dengan faktor kedudukan matahari atau faktor lintang (F). Nilai F dapat dilihat dalam tabel faktor kedudukan matahari, sehingga :

$$ETP(\text{terkoreksi}) = ETP \times F \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan Dasar Model NRECA

Persamaan dasar keseimbangan air yang digunakan pada metode NRECA adalah sebagai berikut :

$$RO = Rb - AE + \Delta S \dots\dots(7)$$

Dengan :

- RO = Run Off / Aliran Permukaan
- Rb = Precipitation / Presipitasi
- AE = Actual Evaporation
- ΔS = Delta Storage

Dalam perhitungan model NRECA, dibutuhkan beberapa parameter karakteristik Daerah Tangkapan Hujan (*Catchment Area*), diantaranya :

a. NOMINAL

Merupakan indeks kapasitas tampungan kelengasan tanah (*soil moisture storage capacity*) pada daerah tangkapan hujan. Persamaan yang akan digunakan untuk menghitung nilai NOMINAL adalah :

$$NOMINAL = 100 + (C \times P_2) \dots\dots(8)$$

Dengan :

- P_2 = Nilai hujan rerata tahunan (mm)
- C = 0,2 untuk daerah dengan hujan sepanjang tahun, dan 0,25 untuk daerah dengan hujan musiman.

b. PSUB.

Nilai PSUB akan bergantung pada permeabilitas tanah pada daerah tangkapan hujan, dimana :

- $PSUB = 0,5$ untuk daerah tangkapan hujan normal/biasa.
- $0,5 < PSUB \leq 0,9$ untuk daerah dengan akuifer permeable yang besar.
- $0,2 \leq PSUB < 0,5$ untuk daerah dengan akuifer terbatas.

c. GWF.

Nilai GWF bergantung pada kondisi tanah untuk menampung air, dimana :

- $GWF = 0,5$ untuk daerah dengan tampungan air normal / biasa
- $0,5 < GWF \leq 0,9$ untuk daerah dengan tampungan air kecil (*Base flow kecil*)

➤ $0,2 \leq GWF < 0,5$ untuk daerah yang memiliki tampungan air yang dapat diandalkan / besar (*Base flow besar*).

d. SMS (*Soil Moisture Storage*) dan GWS (*Ground Water Storage*).

Tidak ada batasan untuk nilai SMS dan GWS ini namun perlu diperhatikan fluktuasinya agar seimbang.

Perhitungan Metode NRECA

Persamaan-persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan metode NRECA Modified adalah sebagai berikut :

1) Penyimpanan kadar kelembaban tanah (*Soil Moisture Storage*).

Untuk nilai awal ditetapkan dengan cara coba-coba sebagai kondisi awal. Sedangkan untuk nilai pada periode selanjutnya menggunakan persamaan :

$$MS_{(i)} = MS_{(i-1)} + \Delta S_{(i-1)} \dots\dots(9)$$

Dengan :

$MS_{(i)}$ = *Moisture Storage*.

$MS_{(i-1)}$ = *Moisture Storage*.

$\Delta S_{(i-1)}$ = *Delta Storage*.

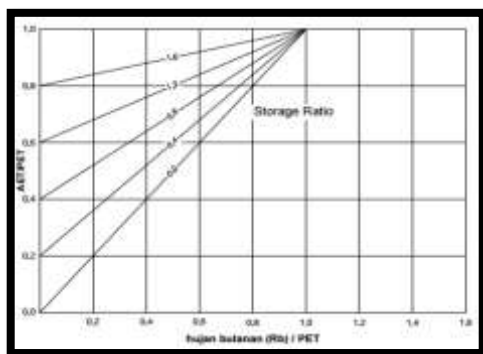
2) Rasio penyimpanan (*Storage Ratio*)

$$SR_{(i)} = \frac{MS_{(i)}}{NOMINAL} \dots\dots(10)$$

3) Perbandingan hujan dan evapotranspirasi potensial (*Rb/ETP*)

4) Rasio AET/ETP

Untuk mendapatkan nilai rasio AET/ETP dapat menggunakan bantuan grafik perbandingan AET dan ETP berikut :



Gambar 1 : Grafik Perbandingan AET/ETP
Sumber : KP-01

5) Nilai AET.

Merupakan nilai evapotranspirasi aktual yang dipengaruhi oleh nilai CROPF, dengan persamaan sebagai berikut :

$$AET_{(i)} = AET/ETP \times ETP_{(i)} \times CROPF \dots(11)$$

Dengan :

$AET_{(i)}$ = Nilai AET.

AET/ETP = Rasio AET/ETP.

$ETP_{(i)}$ = Nilai evapotranspirasi.

$CROPF$ = Nilai *Crop Factor* yaitu $0,9 \leq CROPF \leq 1,1$

6) Neraca Air (*Water Balance*).

$$WB = P - ETP \dots\dots\dots(12)$$

Dengan :

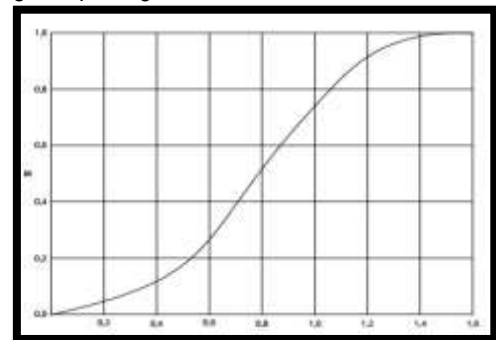
WB = *Water Balance*

P = Hujan Setengah Bulanan (mm)

ETP = *Evapotranspirasi*

7) Rasio kelebihan kelengasan tanah (*Excess Moisture Ratio*).

Nilai ini tergantung pada nilai neraca air (WB). Apabila Wb bernilai positif, maka nilai rasio *Excess Moisture Ratio* ditentukan menggunakan grafik pada gambar 2.5 berikut :



Gambar 2: Grafik Rasio Tampung Kelengasan Tanah
Sumber : KP-01

8) Nilai kelebihan kelengasan tanah (*Excess Moisture*).

$$EXCM_{(i)} = RasioEXCM_{(i)} \times WB_{(i)} \dots(13)$$

Dengan :

$EXCM_{(i)}$ = Kelebihan kelengasan tanah.

$RasioEXCM_{(i)}$ = Rasio $EXCM$.

$WB_{(i)}$ = *Water Balance*.

9) Perubahan tampungan (ΔS).

$$\Delta S = Wb_{(i)} - EXCM_{(i)} \dots\dots(14)$$

Dengan :

ΔS = Perubahan tampungan (*Delta Storage*).

$Wb_{(i)}$ = *Water Balance*.

$EXCM_{(i)}$ = Kelebihan Kelengasan Tanah.

10) Pengisian air tanah (*Recharge to Ground Water*).

$$Recharge\ GW = PSUB \times EXCM_{(i)} \dots(15)$$

Dengan :

$Recharge\ GW$ = Pengisian air tanah

$Wb_{(i)}$ = *Water Balance*

$EXCM_{(i)}$ = Kelebihan Kelengasan Tanah

11) Tampungan air tanah awal (*Begin GW Storage*).

$$Begin\ GW\ Storage = End\ GW\ Storage_{(i-1)} - GW\ Flow_{(i-1)} \dots\dots(16)$$

Dengan :

$Begin\ GW\ Storage$ = Tampungan air tanah awal.

$End\ GW\ Storage_{(i-1)}$ = Tampung air tanah akhir.

$GW\ Flow_{(i-1)}$ = Ground Water Flow.

12) Tampung air tanah akhir (*End GW Storage*).

$$End\ GW\ Storage = Recharge\ GW_{(i)} - Begin\ GW\ Storage_{(i)} \dots\dots\dots(17)$$

Dengan :

$End\ GW\ Storage$ = Tampung air tanah akhir.

$Recharge\ GW_{(i)}$ = Pengisian air tanah.

$Begin\ GW\ Storage_{(i)}$ = Tampung air tanah awal.

13) Aliran air tanah (*GW Flow*)

$$GW\ Flow = GWF - End\ GW\ Storage_{(i)} \dots(18)$$

Dengan :

$GW\ Flow$ = Aliran air tanah

GWF = Ground Water Factor

$End\ GW\ Storage_{(i)}$ = Tampung air tanah akhir.

14) Aliran langsung (*Direct Flow*)

$$Direct\ Flow = EXCM_{(i)} - Recharge\ GW_{(i)} \dots(19)$$

Dengan :

$Direct\ Flow$ = Aliran langsung

$EXCM_{(i)}$ = Kelebihan kelengasan tanah.

$Recharge\ GW_{(i)}$ = Pengisian air tanah periode tersebut

15) Total Flow

$$Total\ Flow = Direct\ Flow_{(i)} + GW\ Flow_{(i)} \dots(20)$$

Dengan :

$Total\ Flow$ = Aliran total.

$Direct\ Flow_{(i)}$ = Aliran langsung.

$GW\ Flow_{(i)}$ = Aliran air tanah.

Kalibrasi Model

a. Kalibrasi

Hasil analisis debit metode NRECA tidak dapat langsung digunakan karena kebenarannya masih diragukan, sehingga diperlukan langkah kalibrasi model untuk mengetahui kelayakan dan ketepatan data tersebut. Kalibrasi model dilakukan dengan membandingkan hasil analisis dengan data terukur. Semakin sedikit selisih perbedaannya maka semakin tepat hasil analisis data debit metode NRECA tersebut. Langkah-langkah untuk melakukan kalibrasi model adalah sebagai berikut :

1. Mencoba nilai parameter PSUB dan GWF hingga bisa didapat nilai perbedaan debit analisis dan debit terukur yang minimum.
2. Mencoba nilai parameter C, Storage, GWS, serta CROPF hingga bisa didapat nilai perbedaan debit analisis dan debit terukur yang minimum
3. Mencoba nilai bobot pengaruh stasiun hujan (jika terdapat lebih dari 1 stasiun hujan yang

digunakan dalam perhitungan hujan rerata DAS).

4. Tidak memasukkan data debit terukur untuk bulan-bulan yang penyimpangan debit analisis dan debit terukurnya sangat besar.

b. Uji Model *Coefficient of Determination* (R^2).

Uji model *Coefficient of Determination* digunakan untuk menilai tingkat kemiripan model hidrologi antara hasil debit analisis dan debit terukur dengan persamaan sebagai berikut :

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (QO_i - \bar{QO})(QP_i - \bar{QP})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (QO_i - \bar{QO})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (QP_i - \bar{QP})^2}} \right)^2 \dots(21)$$

Dengan :

R^2 = Nilai uji

QO = Debit terukur

QP = Debit analisis

Nilai uji *coefficient of determination* (R^2) berkisar antara $-\infty$ sampai 1. Pada dasarnya, jika nilai *coefficient of determination* (R^2) mendekati 1 maka semakin akurat data debit analisis.

Analisis Debit Andalan

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 akan terjadi sebesar 80% dan tidak terpenuhi sebesar 20%. Tingkat keandalan debit dihitung berdasarkan nilai probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull sebagai berikut :

$$P(\%) = \frac{m}{n+1} \times 100\% \dots\dots\dots(22)$$

Dengan :

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

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

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

Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu : Perkolasi (P), Curah hujan efektif (Re), Areal tanam sawah (As), Penggunaan air konsumtif (Etc), Pergantian lapisan air; (WLR), dan Efisiensi. Sedangkan tahapan perhitungan kebutuhan air irigasi dibagi atas 2 tahapan, yaitu :

1. Kebutuhan air selama penyiapan lahan.
2. Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman.

Perkolasi (P)

Nilai laju perkolasi sangat bergantung pada sifat-sifat tanah. Pada tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari) sedangkan pada tanah yang lebih ringan, laju perkolasi bisa lebih tinggi.

Curah Hujan Efektif (Re)

Perhitungan curah hujan efektif memanfaatkan data curah hujan tahun-tahun sebelumnya yang telah tersedia. Data curah hujan yang sudah disusun dalam curah hujan setengah bulanan diurutkan dari nilai yang terkecil hingga terbesar (tahun pengamatan tidak diperhitungkan lagi), selanjutnya dipilih hujan setengah bulanan pada urutan yang ke :

$$R80 = \frac{n1}{5} + 1 \dots\dots\dots(23)$$

Dengan :

R80 = Hujan setengah bulanan dengan probabilitas 80% kering.

n1 = Jumlah data.

Selanjutnya dihitung nilai hujan efektif dengan rumus :

$$Re = \frac{0,7x P80}{15} \dots\dots\dots(24)$$

Areal Tanam Sawah (As)

Areal tanam adalah luas lahan yang dapat diari oleh suatu jaringan/saluran irigasi. Areal ini dapat berupa daerah irigasi dan daerah yang potensial untuk nantinya dijadikan daerah irigasi.

Penggunaan Air Konsumtif Tanaman (ETc)

Nilai penggunaan air konsumtif adalah nilai evapotranspirasi dari tanaman yang bersangkutan atau sering disebut sebagai penggunaan konsumtif tanaman (Etc). Nilai evapotranspirasi ini perlu dikalikan dengan suatu koefisien penyesuaian yang disebut koefisien tanaman (\bar{c}). Rumusannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$Etc = \bar{c} \cdot Etp \dots\dots\dots (25)$$

Dengan :

Etc = Penggunaan Konsumtif (mm/hari)

\bar{c} = Koefisien tanaman yang tergantung pada jenis tanaman dan tahap pertumbuhannya

Etp = Evapotranspirasi Potensial (mm/hari)

Penggantian Lapisan Air (WLR)

Penggantian lapisan air (WLR) dilakukan setelah masa penyiapan lahan selesai. Direktorat irigasi menyarankan untuk penggantian lapisan air ini dilakukan sebanyak 2 kali masing-masing 50mm atau 3,333 mm/hari tiap setengah bulan.

Efisiensi Irigasi

Dalam perencanaan saluran irigasi pada umumnya terjadi kehilangan air, sehingga perlu ditetapkan nilai efisiensi. Dalam KP-02 ditentukan besarnya kehilangan

air pada tiap saluran yaitu : 12,5%-20% di petak tersier, 5%-10% di saluran sekunder, dan 5%-10% di saluran primer. Sehingga ditentukan nilai efisiensi keseluruhan dalam penelitian ini sebesar 65%.

Analisis Neraca Air

Neraca air merupakan kesetimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Persamaan yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

$$Neraca Air = Ketersediaan - Kebutuhan \dots\dots(26)$$

Jika hasil neraca air positif, menandakan terdapat kelebihan air sedangkan jika neraca air negatif, menandakan terjadi kekurangan air di lokasi yang diteliti.

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Ranowanko merupakan sungai yang terbentang dari wilayah Kota Tomohon dan berakhir di Laut Sulawesi tepatnya di Tanawangko Kabupaten Minahasa. Daerah aliran sungai Ranowanko sendiri memiliki luas catchment sebesar 103,3 Km². Topografi di daerah DAS Ranowanko ini beragam, ada yang berupa daerah dataran, lembah dan juga perbukitan. Dalam penelitian ini analisis neraca air dilakukan ada dua titik tinjauan yaitu :

1. Titik Kontrol A yang di Kelurahan Tara-Tara Kecamatan Tomohon Barat Kota Tomohon dengan luas DAS 53,68 Km².
2. Titik Kontrol B yaitu di desa Uwuran Dua Kecamatan Tombasian yang mencakup Luas DAS Ranowanko secara keseluruhan sebesar 103,3 Km².

Jalannya Penelitian

Setelah dilakukan survey lokasi penelitian dan pengumpulan data maka penelitian dilanjutkan dengan menganalisis data yang telah diperoleh. Proses analisis dengan menggunakan metode empiris ini meliputi :

- Analisis Ketersediaan air, dengan menggunakan pendekatan model Nreca Modified.
- Analisis Kebutuhan air, dalam hal ini merupakan kebutuhan irigasi.
- Analisis Neraca air, dengan membandingkan hasil analisis ketersediaan air dengan analisis kebutuhan air.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan Rata-Rata DAS

Data curah hujan yang akan di gunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan ½ bulanan dari 3 Stasiun Hujan yaitu Sta. Kakaskasen, Sta. Tara-Tara, dan Sta. Tinooor.

Kalibrasi Model

Data dasar yang nantinya diperlukan untuk menghitung kalibrasi model NRECA-Modified untuk pada tahun 2013 disajikan dalam tabel 10.

Tabel 10 : Parameter-parameter dalam menghitung kalibrasi model.

Table with 2 columns: Parameter and Value. Includes Luas DAS, Curah Hujan Rerata Tahunan, Koef. C, NOMINAL, PSUB (P1), GWF(P2), S.M. Storage, Begin GWS = 2, Debit terukur, Debit hitungan, CROPF = 1.

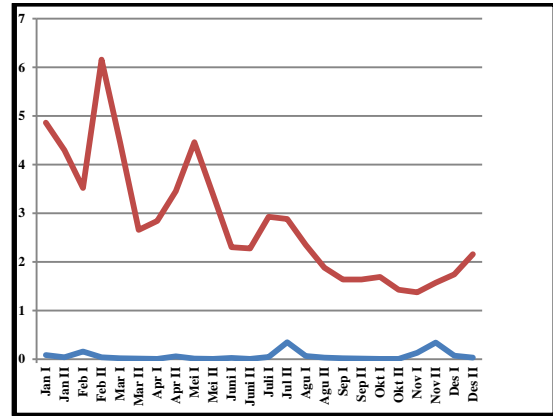
Parameter-parameter ini akan dicoba-coba dan dihitung hingga mendapatkan nilai debit. Langkah perhitungan sama seperti pada bagian 4.3. Setelah dihitung nilai debit analisis hasil kalibrasi, selanjutnya nilai tersebut dibandingkan dengan debit terukur.

Tabel 11 Perhitungan Kalibrasi Debit NRECA di Titik Kontrol B Per. Jan-Juni.

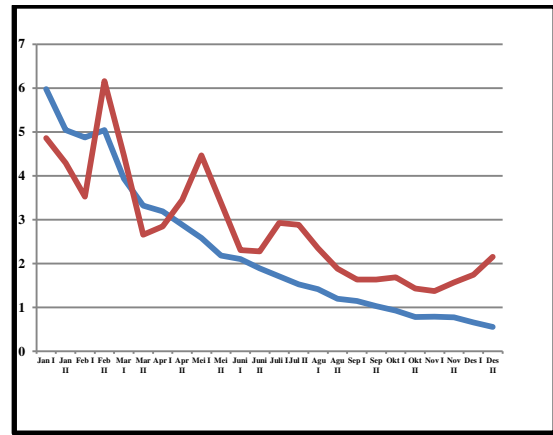
Table with columns for months (Jan to Juni) and sub-columns for days (I, II). Rows include n, Rb, ETP, SMS, SR, Rb/ETP, Ratio AET/ETP, AET, Neraca Air, Excess Moisture Ratio, Excess Moisture, Delta Storage, Recharge GW, Begin GW Storage, End GW Storage, GW Flow, Direct Flow, Total Flow, Debit Terukur, Selisih.

Tabel 11 Perhitungan Kalibrasi Debit NRECA di Titik Kontrol B Per. Juli-Des.

Table with columns for months (Juli to Desember) and sub-columns for days (I, II). Rows include n, Rb, ETP, SMS, SR, Rb/ETP, Ratio AET/ETP, AET, Neraca Air, Excess Moisture Ratio, Excess Moisture, Delta Storage, Recharge GW, Begin GW Storage, End GW Storage, GW Flow, Direct Flow, Total Flow, Debit Terukur, Selisih.



Gambar 3 : Grafik perbandingan debit terukur dan debit hitungan Sebelum kalibrasi di titik tinjauan B



Gambar 4 : Grafik perbandingan debit terukur dan debit hitungan Sesudah kalibrasi di titik tinjauan B

Untuk menguji keterkaitan antara debit analisis hasil kalibrasi dan debit terukur, digunakan uji model Coefficient of Determination. Hasil perhitungan uji Coefficient of Determination untuk data tahun 2013 Pada titik tinjauan B disajikan dalam tabel 12

Tabel 12 : Perhitungan Uji Coefficient of Determination (R²) untuk Data Tahun 2013

Table with columns for month, Qo, Qa, Qo', Qa', Qo-Qa, (Qo-Qa)', Qo-Qo', (Qo-Qo)', Qa-Qa', (Qa-Qa)', (Qo-Qo)' / (Qa-Qo)'. Rows for each month from Jan I to Dec II.

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Qo - Qo') (Qa - Qa')}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Qo - Qo')^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Qp - Qp')^2}} \right)^2$$

$$R^2 = \left(\frac{41,009}{\sqrt{37,024} \sqrt{60,744}} \right)^2$$

$$R^2 = 0,75 \dots \dots \dots R^2 \text{ mendekati } = 1 \text{ (OK !!)}$$

Catatan :

$R^2 = 0$: Tidak ada korelasi antara dua variabel

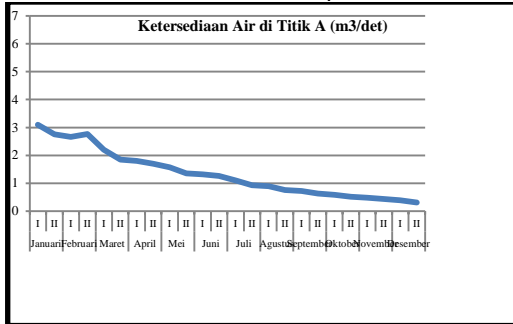
$R^2 > 0 - 0,25$: Korelasi sangat lemah

$R^2 > 0,25 - 0,5$: Korelasi cukup

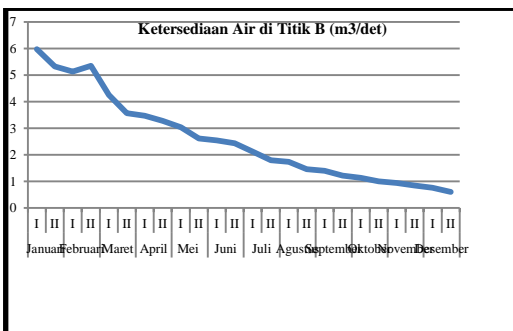
$R^2 > 0,5 - 0,75$: Korelasi kuat

$R^2 > 0,75 - 0,99$: Korelasi sangat kuat

$R^2 = 1$: Korelasi sempurna



Gambar 5 : Grafik Ketersediaan Air Q80 di Titik Tinjauan A



Gambar 6 : Grafik Ketersediaan Air Q80 di Titik Tinjauan B

Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Pendayagunaan air di DAS Ranowanko lebih difokuskan untuk memenuhi kebutuhan irigasi yang ada. Kebutuhan air irigasi akan dihitung dengan mengasumsikan dalam jangka waktu 1 pola tanam. Jika nanti kebutuhan air irigasi dalam jangka waktu 1 pola tanam ternyata tidak dapat terpenuhi oleh ketersediaan air yang ada, maka harus dicarikan alternatif sistem pola tanam yang lain.

Penentuan Nilai Perkolasi (P)

Jenis tekstur tanah di daerah DAS Ranowanko adalah lempung. Setelah dihubungkan dengan Kriteria Perencanaan Irigasi-01 maka digunakan nilai perkolasi $p = 2 \text{ mm/hari}$.

Penghitungan Curah Hujan Efektif (Re)

Perhitungan curah hujan efektif memanfaatkan data curah hujan selama 12 tahun (2003-2014).

Tabel 13 :
Curah Hujan Efektif (Re) Per. Jan-Juni

Urut	Bulan/Periode											
	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	23,1	31,7	44	30,6	13	14,8	22,7	61,1	37	9,04	0	9,98
2	74,5	161	67,5	31,8	24,5	24,4	22,9	68,1	63,4	56,9	55,2	21,9
3	92,9	177	98,3	33,8	32,6	69,4	105	94,6	90,7	63,4	56,2	41,4
3,4	127	177	106	48,3	35,3	76,4	106	94,7	106	78,6	61,6	43,1
4	178	177	118	70	39,3	86,9	108	94,9	128	101	69,8	45,6
5	207	184	129	77,5	89,7	114	108	112	159	111	98,3	52,6
6	208	190	210	83,6	94,1	130	108	127	177	133	111	55,3
7	220	201	218	84,1	130	145	120	153	179	135	124	74,3
8	237	202	225	93,7	130	147	121	185	184	137	191	94,6
9	237	233	241	100	152	260	168	188	209	154	210	145
10	241	259	306	141	165	319	186	200	215	175	215	202
11	300	298	328	215	170	336	201	261	295	242	257	216
12	677	333	523	541	376	517	263	283	341	263	398	233
Re	5,93	8,25	4,96	2,25	1,65	3,57	4,96	4,42	4,93	3,67	2,88	2,01

Tabel 14 :
Curah Hujan Efektif (Re) Per. Juli-Des

Urut	Bulan/Periode											
	Juli		Agustus		Sept		Oktober		Nov		Desember	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	4,69	0	0	4,72	0	4,69	4,69	0	0	4,72	0	4,69
2	8,98	13,6	1,13	13,1	13,7	15,6	8,98	13,6	1,13	13,1	13,7	15,6
3	17,8	19,6	2,34	17,4	49,7	27,9	17,8	19,6	2,34	17,4	49,7	27,9
3,4	34,3	22,8	3,67	25,7	53,2	34,1	34,3	22,8	3,67	25,7	53,2	34,1
4	59,1	27,7	5,65	38,1	58,4	43,4	59,1	27,7	5,65	38,1	58,4	43,4
5	60,6	28,9	33,2	55,5	77,2	44,6	60,6	28,9	33,2	55,5	77,2	44,6
6	75,1	78,4	63,6	56,2	79,7	52,3	75,1	78,4	63,6	56,2	79,7	52,3
7	79,6	83,3	64,4	62,7	90,3	64	79,6	83,3	64,4	62,7	90,3	64
8	86	111	103	62,8	91,5	71,6	86	111	103	62,8	91,5	71,6
9	106	123	122	74	96,2	82,2	106	123	122	74	96,2	82,2
10	110	147	129	112	118	121	110	147	129	112	118	121
11	198	159	135	119	129	133	198	159	135	119	129	133
12	353	206	149	182	195	189	353	206	149	182	195	189
Re	1,6	1,07	0,17	1,2	2,48	1,59	1,6	1,07	0,17	1,2	2,48	1,59

Rekapitulasi Luas Lahan Sawah (As)

Luas lahan sawah yang digunakan adalah luas lahan sawah yang sudah ada dan lahan potensial yang dapat dijadikan sawah. Akan tetapi untuk daerah di sekitar DAS Ranowanko, lahan potensial yang dapat dijadikan sawah cenderung tidak ada.

Tabel 15

Luas Lahan Sawah menurut Desa/Kelurahan di DAS Ranowangko

No.	Desa / Kelurahan	Luas Lahan Sawah (Ha)	Ket.
1	Talete Satu	0	DAS A
2	Talete Dua	0	DAS A
3	Matani Satu	0	DAS A
4	Matani Dua	3	DAS A
5	Matani Tiga	10	DAS A
6	Kamasi	13	DAS A
7	Kamasi Satu	10	DAS A
8	Kolongan	0	DAS A
9	Kolongan Satu	4,25	DAS A
10	Paslaten Satu	0	DAS A
11	Paslaten Dua	0	DAS A
12	Woloan Satu	0	DAS A
13	Woloan Dua	98	DAS A
14	Woloan Tiga	25	DAS A
15	Woloan Satu Utara	42	DAS A
16	Tara-Tara	89	DAS A
17	Tara-Tara Satu	150	DAS A
18	Tara-Tara Dua	40	DAS A
19	Tara-Tara Tiga	35	DAS A
20	Uluindano	0	DAS A
21	Walian	0	DAS A
22	Walian Satu	0	DAS A
23	Walian Dua	0	DAS A
JUMLAH		519,25	DAS A

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Tomohon

Perhitungan Kebutuhan Air di Sawah

Tabel 16:

Penghitungan Kebutuhan Air di Sawah (Bag I)

Bulan / Periode	Eto	Koefisien	Eo	WLR	P	M	TLp	k
Jan I	8.235083	1,1	9.058591		2	11.058591	30	1.105859
Jan II	8.121638	1,1	8.933801		2	10.933801	30	1.093338
Feb I	6.940681	1,1	7.634749		2	9.6347493	30	0.963475
Feb II	6.46295	1,1	7.109245	3.846	2	9.1092451	30	0.910925
Maret I	8.465379	1,05	8.886648	3.125	2	10.886648	30	1.088865
Maret II	8.582244	1,05	9.011356	3.125	2	11.011356	30	1.101136
April I	7.997532	0,95	7.597656	3.333	2	9.5976555	30	0.959766
April II	7.670289							
Mei I	7.898119	1,1	8.687931		2	10.687931	30	1.068793
Mei II	8.009319	1,1	8.810251		2	10.810251	30	1.081025
Juni I	7.887359	1,1	8.676095		2	10.676095	30	1.06761
Juni II	7.887359	1,1	8.676095	3.846	2	10.676095	30	1.06761
Juli I	7.150498	1,05	7.508023	3.125	2	9.5080228	30	0.950802
Juli II	8.700262	1,05	9.135275	3.125	2	11.135275	30	1.113528
Agust I	8.819441	0,95	8.378469	3.333	2	10.378469	30	1.037847
Agust II	10.2233							
Sept I	9.624901	1,1	10.58739		2	12.587392	30	1.258739
Sept II	9.808748	1,1	10.78962		2	12.789622	30	1.278962
Okt I	9.781583	1,1	10.75974		2	12.759741	30	1.275974
Okt II	9.846486	1,1	10.83113	3.846	2	12.831135	30	1.283113
Nov I	9.748049	1,05	10.23545	3.125	2	12.235451	30	1.223545
Nov II	8.799924	1,05	9.23992	3.125	2	11.23992	30	1.123992
Des I	10.1001	0,95	9.595092	3.333	2	11.595092	30	1.159509
Desi II	9.781583							

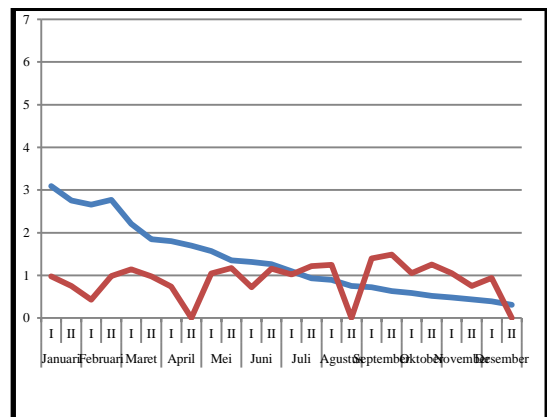
Tabel 17:

Penghitungan Kebutuhan Air di Sawah (Bag II)

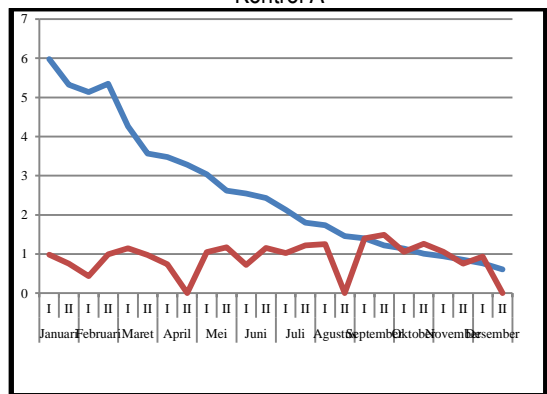
Bulan / Periode	IR	Re	NFR*	NFR**	Dr	Qir	IR	Re
Jan II	16,528	5,92613	10,6020		16,3108	0,9802580	16,5282	5,92613
Jan II	16,443	8,25426	8,18956		12,5993	0,7571996	16,4438	8,25425
Feb I		4,95898		4,67576	7,19348	0,4323651		4,95898
Feb II		2,25445		10,7008	16,4627	0,9893853		2,25445
Maret I		1,64750		12,3661	19,0248	1,1433614		1,64750
Maret II		3,56622		10,5701	16,2617	0,9773039		3,56622
April I		4,95664		7,97401	12,2677	0,7372697		4,95664
April II					0	0		
Mei I	16,278	4,93441	11,3438		17,4520	1,04884015	16,2782	4,93441
Mei II	16,360	3,66790	12,6926		19,5270	1,17354639	16,3605	3,66790
Juni I		2,87651		7,79958	11,9993	0,72114190		2,87651
Juni II		2,01050		12,5115	19,2486	1,15680981		2,01050
Juli I		1,60085		11,0321	16,9725	1,02002366		1,60085
Juli II		1,06549		13,1947	20,2996	1,21997725		1,06549
Agust I		0,17117		13,5403	20,8312	1,25192299		0,17117
Agust II						0		
Sept I	17,580	2,48103	15,0994		23,2298	1,39607764	17,5804	2,48103
Sept II	17,722	1,59107	16,1310		24,8170	1,49146524	17,7221	1,59107
Okt I		1,34723		11,4125	17,5577	1,05518903		1,34723
Okt II		3,06142		13,6157	20,9472	1,25889550		3,06142
Nov I		3,92565		11,4348	17,5919	1,05725024		3,92565
Nov II		6,18594		8,17897	12,5830	0,75621989		6,18594
Des I		4,7888		10,1392	15,5989	0,93746927		4,7888
Desi II						0		

Analisis Neraca Air

Setelah diperoleh ketersediaan air dan kebutuhan air di DAS Ranowangko, maka dapat dilihat keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di Das Ranowangko.



Gambar 7 : Grafik Neraca Air DAS Ranowangko di Titik Kontrol A



Gambar 8 : Grafik Neraca Air DAS Ranowangko di Titik Kontrol B

PENUTUP

Kesimpulan

1. Berdasarkan titik tinjauan A yaitu di Kelurahan Tara-Tara terjadi defisit air pada beberapa bulan tertentu yaitu pada bulan Juli II, Agustus I, September I, September II, Oktober II, November I, November II serta Desember II.
2. Berdasarkan titik tinjauan B yaitu di Desa Uwuran Dua juga terjadi defisit air pada beberapa bulan tertentu yaitu pada bulan September II, Oktober II, November I serta Desember I

Saran

1. Dalam analisis hidrologi, kualitas dan kuantitas data sangat diperlukan maka dari itu ketersediaan data di DAS Ranowangko kiranya dapat lebih

diperhatikan lagi oleh instansi terkait pada masa mendatang.

2. Untuk mengatasi kekurangan air yang terjadi, maka sebaiknya dalam penggunaan air untuk kebutuhan irigasi dilakukan sistem golongan. Sistem golongan tersebut dapat berupa pembagian luas areal tanam pada daerah irigasi, dengan waktu awal tanam yang tidak bersamaan terutama pada bulan-bulan yang terjadi defisit air yaitu bulan September, Oktober, November dan Desember. Sehingga kebutuhan air pada bulan-bulan tersebut dapat diminimalisir dan terpenuhi oleh ketersediaan air yang ada.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan di DAS Ranowangko untuk mencari solusi pencegahan/mengatasi kekurangan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Data Klimatologi Pos Tondano-Paleloan*, Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara Dinas Pekerjaan Umum Bidang Sumber Daya Air, Manado.
- _____, *Data Hujan Pos Kakaskasen Tahun 2003 s/d 2013*, Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara Dinas Pekerjaan Umum Bidang Sumber Daya Air, Manado.
- _____, *Data Hujan Pos Tara-Tara Tahun 2003 s/d 2013*, Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara Dinas Pekerjaan Umum Bidang Sumber Daya Air, Manado.
- _____, *Data Hujan Pos Tinoor Tahun 2003 s/d 2013*, Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara Dinas Pekerjaan Umum Bidang Sumber Daya Air, Manado.
- _____, *Data Debit Terukur Pos S. Ranowangko-Uwuran*, Pemerintah Provinsi Sulawesi Utara Dinas Pekerjaan Umum Bidang Sumber Daya Air, Manado.
- _____, *Kecamatan Tomohon dalam Angka Tahun 2014*, Badan Pusat Statistik, Tomohon.
- Anonim, 1986. *Standar Perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*, Direktorat Jenderal Pengairan, Jakarta, Hal. 76-83.
- Anonim, 2010. *Pendugaan Evapotranspirasi Metode Thornthwaite*, Penuntun Praktikum Agrohidrologi, Hal. 15-18.
- Anonim, 2014. *Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan*, Modul Penelitian CDTA 7849-INO, Hal. 5-9.
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta, Hal. 2,4,7,8,17.
- M.M. Purbohadiwidjyo, 1993. *Hidrologi Teknik Edisi Keempat*, Institut Teknologi Bandung, Hal. 56-67.
- Kandey, D.S., 2015. *Optimalisasi Pemanfaatan Sungai Polimaan Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Hal. 42-81.
- Lahiwu, M., 2005. *Analisis Neraca Air Sungai Moyondok*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Hal. 33-56.
- Mokodongan, C.N., 2006. *Pengelolaan Sungai Moayat Untuk Kebutuhan Irigasi di Daerah Irigasi Moayat-Pawak Kabupaten Bolaang Mongondow*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Hal 16-27.
- Rompies, W.C., 2013. *Analisis Potensi Sumber Daya Air Sungai Kayuwatu Wangko untuk Perencanaan PLT di Desa Karur Kecamatan Lembean Timur Kabupaten Minahasa*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Hal. 21-33.
- Sumarauw, J.S.F., 2014. *Bahan Ajar Model Rainfall-Runoff Nreca*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Hal. 3-15.