

ANALISIS NERACA AIR SUNGAI AKEMBUALA DI KOTA TAHUNA KABUPATEN SANGIHE

Glend Randy Kansil

Jeffrey S.F. Sumarauw, Lambertus Tanudjaja

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : kansilglend@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Akembuala merupakan salah satu sumber air di Kota Tahuna dan mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat di sekitarnya. Pada masa mendatang, dengan adanya perkembangan pembangunan dan pertumbuhan penduduk, maka kemungkinan kebutuhan air akan lebih besar lagi. Berdasarkan hal tersebut di atas maka dibutuhkan studi neraca air untuk melihat keseimbangan air di sungai Akembuala dan kemungkinan penggunaan air di masa mendatang.

Analisis neraca air dilakukan dengan menganalisis ketersediaan air dan kebutuhan air di DAS Akembuala. Analisis ketersediaan air menggunakan metode Nreca dengan masukan data curah hujan, evapotranspirasi dan parameter DAS. Selanjutnya dicari debit andalan Q 90 %. Kebutuhan air yang akan dihitung hanya untuk kebutuhan air bersih.

Dari analisis ketersediaan air di DAS Akembuala, pada tahun 2033 didapat nilai terendah terjadi pada bulan September sebesar $0.032 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan nilai tertinggi terjadi pada bulan Mei dan Juni sebesar $0.050 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil untuk kebutuhan air bersih sebesar $0.03365568 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dari analisis ketersediaan air dan kebutuhan air didapatkan neraca air DAS Akembuala mengalami defisit debit pada bulan September ($-0,0017 \text{ m}^3/\text{detik}$) dan bulan Oktober ($-0,0007 \text{ m}^3/\text{detik}$). Sedangkan pada bulan Januari sampai Juni ketersediaan air masih melebihi kebutuhan air dan pada bulan Juli sampai Agustus kebutuhan air hampir mendekati ketersediaan air,

Kata kunci: *Sungai Akembuala, Analisis Neraca Air, Debit Andalan, Metode Nreca*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu sumber air di daratan, yang mempunyai fungsi mengumpulkan curah hujan dalam suatu daerah tertentu. Saat ini sungai telah menjadi alternatif pilihan yang paling banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia akan air. Sungai Akembuala terletak di kota Tahuna kabupaten Sangihe dan merupakan salah satu sumber utama dalam memenuhi kebutuhan air bersih di daerah sekitarnya.

Sungai Akembuala sendiri berasal dari danau Mahena dan bermuara di pantai Akembuala serta memiliki panjang sungai sekitar 14,5 km. Saat ini pendistribusian air sungai Akembuala dilakukan oleh PDAM Tahuna untuk kecamatan Tahuna. Melihat besarnya wilayah distribusi tersebut, sungai Akembuala jelas memegang peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan air di kota Tahuna.

Perkembangan Kota Tahuna yang merupakan ibukota Kabupaten Sangihe terus mengalami meningkat. Dengan angka pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya

mengakibatkan pembangunan di berbagai sektor pun terus digalakkan, dapat dilihat dengan adanya pembangunan sarana dan prasarana seperti kantor, pasar, puskesmas, sekolah, tempat ibadah dan lain-lain. Dengan adanya dua faktor tersebut tentu akan mempengaruhi sistem penyediaan air bersih yang mempergunakan ketersediaan air sungai Akembuala. Disamping itu terdapat juga masalah-masalah pendistribusian air oleh PDAM Kota Tahuna, seperti banyaknya kehilangan air akibat kebocoran pipa yang sudah berumur lebih dari 30 tahun.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas maka dibutuhkan adanya studi neraca air untuk melihat keseimbangan antara ketersediaan air di sungai Akembuala dan kemungkinan penggunaan air pada masa mendatang untuk daerah sekitarnya. Dengan adanya analisis ini diharapkan pemakaian air sungai Akembuala dapat dilakukan dengan suatu perencanaan yang lebih teratur dan terarah, sambil memperhatikan faktor ketersediaan air sungai tersebut.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi dasar dari penelitian ini adalah dengan adanya peningkatan

kebutuhan air bersih di sungai Akembuala maka perlu ada perhitungan analisis neraca air di DAS Akembuala.

Batasan Masalah

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

1. Lokasi yang akan ditinjau ketersediaan airnya adalah sungai Akembuala dengan titik tinjauan pada hilir sungai yaitu di kelurahan Manente
2. Menghitung ketersediaan air dengan mencari debit andalan
3. Perhitungan menggunakan Metode NRECA
4. Prediksi kebutuhan air di DAS Akembuala dilakukan untuk tahun 2033 dan hanya meliputi kebutuhan air bersih
5. Analisis neraca air diprediksi pada tahun 2033

Tujuan Penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh hubungan kenaikan nilai index plastisitas terhadap daya dukung (dinyatakan oleh nilai CBR) untuk Lapis Pondasi Agregat kelas-A.

Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan neraca air yang ada di sungai Akembuala.

Metode Penelitian

Penelitian dalam tugas akhir ini bersifat studi terapan, dengan pengolahan data yang ada. Data yang diperoleh dari hasil survey lapangan serta informasi dari berbagai sumber seperti: Pemerintah Kabupaten, Dinas PU, Balai Wilayah Sungai, BMKG, dan Masyarakat setempat. Selanjutnya data dianalisis dengan menggunakan teori-teori yang diperoleh dari literatur.

TINJAUAN PUSTAKA

Daerah Aliran Sungai

Sungai adalah suatu aliran di permukaan bumi yang berbentuk secara alamiah, mulai dari bentuk kecil di bagian hulu sampai besar di bagian hilir. Dimana air mengalir dari daerah yang tinggi ke rendah dan terbentuk alur-alur akibat erosi. Air yang mengalir di sungai berasal dari air hujan. Air hujan dari udara jatuh ke permukaan bumi sebagian meresap ke dalam

tanah, sebagian lagi menguap kembali dan sisanya mengalir ke alur-alur sungai. Seluruh daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam sungai yang dimaksudkan disebut Daerah Aliran Sungai (DAS). Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasar pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai musim dan tingkat pemakaian.

Daur Hidrologi

Terjadinya air di alam ini melalui suatu peredaran yang disebut dengan daur hidrologi. Prosesnya dapat dijelaskan sebagai berikut :

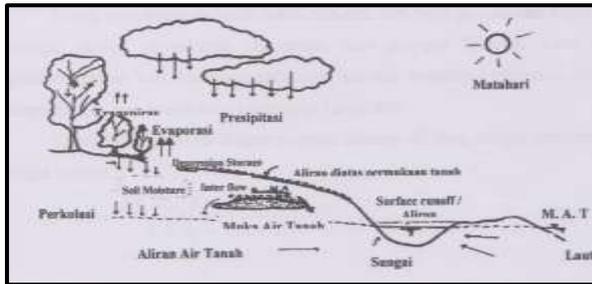
Matahari merupakan sumber tenaga bagi alam. Dengan adanya tenaga tersebut, maka dari seluruh permukaan di bumi akan dapat terjadi penguapan, baik dari muka tanah dan permukaan air yang disebut evaporasi dan penguapan dari permukaan pohon-pohonan, dikenal dengan transpirasi (*transpiration*).

Sebagai akibat terjadinya penguapan, maka akan terbentuk awan yang apabila keadaan klimatologik memungkinkan, awan akan terbawa ke darat dan dapat terbentuk menjadi awan pembawa hujan (*rain cloud*). Hujan baru akan terjadi apabila berat butir-butir air hujan tersebut lebih besar dari gaya tekan udara ke atas. Air hujan yang sampai ke permukaan tanah disebut hujan dan dapat diukur. Hujan yang terjadi tersebut sebagian juga akan tertahan oleh pohon-pohonan dan bangunan yang selanjutnya akan diupkan kembali. Bagian air ini tidak dapat diukur dan merupakan bagian yang hilang(*interception*).

Air yang jatuh di permukaan tanah terpisah menjadi dua bagian yaitu bagian yang mengalir di permukaan, disebut sebagai limpasan permukaan (*surface runoff*). Limpasan tersebut akan menuju sungai atau laut dan ada juga yang tertahan dalam cekungan-cekungan yang disebut tampungan-cekungan (*depression storage*).

Bagian lainnya masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi (*infiltration*). Infiltrasi ini pertama-tama akan memenuhi kebutuhan kelembaban tanah kemudian, tergantung dari struktur geologinya dapat terjadi aliran mendatar yang disebut aliran antara (*interflow, subsurface flow*). Bagian air ini juga dapat mencapai sungai dan laut. Bagian lain dari air yang terinfiltrasi dapat diteruskan juga sebagai air perkolasi yang mencapai akuifer. Air tersebut menjadi aliran tanah (*groun water storage*) yang selanjutnya juga akan mengalir mencapai sungai atau laut.

Selengkapnya dapat dilihat dalam skema berikut ini :



Gambar 1. Skema Daur Hidrologi

Hujan

Hujan merupakan komponen masukan yang paling dalam proses hidrologi. Karena jumlah kedalaman hujan ini yang dialihragamkan menjadi aliran disungai, baik melalui limpasan permukaan maupun aliran dasar. Jadi besar kecilnya jumlah kedalaman hujan akan berpengaruh terhadap besar kecilnya aliran sungai.

Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah penguapan yang terjadi dari permukaan yang bertanaman (*vegetated surface*). Nilai evapotranspirasi merupakan penjumlahan dari evaporasi (*evaporation*) dan transpirasi (*transpiration*) secara bersama-sama.

Penelitian ini akan menggunakan Metode Penman-Monteith yang dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$Et_0 = \frac{0.408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

dengan :

Et_0 = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)

R_n = radiasi matahari

Δ =kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu (kPa/°C)

γ = konstanta psikometrik (kPa/°C)

T = suhu udara rata-rata (°C)

U_2 = kecepatan angin pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah (m/s)

Kelembaban tanah (Soil moisture)

Kelembaban tanah dapat berada pada dua kondisi yaitu kapasitas lapang (*field capacity*) dan “*soil moisture deficiency*”. Kapasitas lapang (*field capacity*) adalah jumlah maksimum dari kelembaban dimana struktur tanah dapat menahan gaya gravitasi.

Infiltrasi dan perkolasi

Infiltrasi adalah proses meresapnya air kedalam tanah melalui permukaan tanah. Proses ini merupakan bagian yang sangat penting dalam hidrologi maupun dalam proses penglihragaman hujan menjadi aliran di sungai.

Aliran air tanah

Air tanah adalah air yang terletak di dalam tanah atau di bawah permukaan tanah, air tanah merupakan salah satu bagian dari siklus hidorlogi yang bersifat rahasia, karena manusia tidak dapat melihat aliran air dalam tanah.

Limpasan

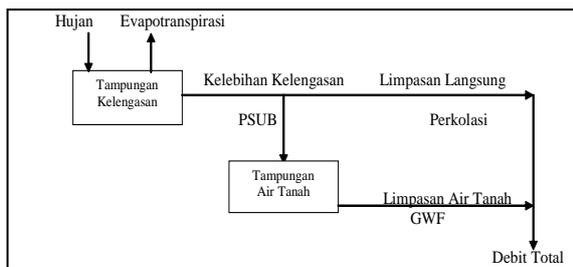
Limpasan (*Run off*) adalah aliran di suatu sungai yang berasal dari volume atau tinggi air sungai yang bersangkutan. Total limpasan dapat berasal dari aliran permukaan dan aliran dasar. Aliran permukaan adalah bagian dari curah hujan yang jatuh di permukaan bumi setelah mengalami penguapan dan perembesan, sedangkan aliran dasar adalah bagian dari curah hujan yang merembes masuk ke dalam tanah dan akhirnya mengalir menuju sungai. Total limpasan inilah yang menentukan banyaknya ketersediaan air.

Ketersediaan Air

Komponen ketersediaan air melingkupi komponen air permukaan dan air tanah. Untuk analisis ketersediaan air permukaan akan digunakan sebagai acuan adalah debit andalan (*dependable flow*). Debit andalan adalah besaran debit pada suatu titik control (titik tinjau) disuatu sungai dimana debit tersebut merupakan gabungan antara limpasan langsung dan aliran dasar.

Model NRECA

Salah satu model hujan aliran yang relative sederhana adalah model NRECA. *National Rural Electric Cooperative Association* di amerika mengembangkan suatu model hidrologi untuk Hydrologic estimates for small hydroelectric projects. Model tersebut dikembangkan oleh Norman H. Crawford dan Steven M. Thurin (1981). Model NRECA digunakan untuk memperkirakan debit bulanan yang berdasar pada hujan bulanan. Konsep dari metode NRECA memerlukan inputan utama berupa data hujan dan evapotranspirasi aktual yang diilustrasikan pada gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir model NRECA

Secara umum persamaan dasar dari metode NRECA ini dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = P - \Delta E + \Delta S$$

dengan:

- P = Presipitasi/ Hujan rata-rata DAS (mm)
- ΔE = Evapotranspirasi Aktual (mm)
- ΔS = Perubahan Tampungan (mm)
- Q = Limpasan (mm)

Data masukan yang diperlukan dari model hujan-limpasan NRECA adalah sebagai berikut :

- a. Hujan rata-rata suatu DAS (P)
- b. Evapotranspirasi potensial dari DAS (PET)
Jika data yang ada adalah evapotranspirasi standar maka harus diubah ke dalam bentuk evapotranspirasi actual .

- c. Kapasitas tampungan kelengasan atau NOMINAL

Diperkirakan nilai NOMINAL seperti persamaan berikut :

$$NOM = 100 + C \times \text{hujan rata-rata tahunan (mm)}$$

dengan:

- C = 0,2 untuk daerah dengan hujan sepanjang tahun
- C = 0,25 untuk daerah dengan hujan musiman

Hujan NOMINAL dapat dkurangi hingga 25% untuk daerah dengan tumbuhan yang terbatas dan penutup tanah yang tipis.

- d. Persentase limpasan yang keluar dari DAS di *sub surface*/infiltrasi (PSUB), dimana :
 - PSUB = 0,5 untuk daerah tangkapan hujan yang 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 dan lapisan tanah yang tipis
- e. Persentase limpasan tampungan air tanah menuju ke sungai (GWF)

Dimana :

- GWF = 0,5 , unuk daerah tangkapan hujan yang normal/biasa

- $0,5 < GWF \leq 0,9$, untuk daerah yang memiliki tampungan air yang kecil (*base flow* kecil)
 - $0,2 \leq GWF < 0,5$, untuk daerah yang memiliki tampungan air yang dapat diandalkan (*base flow* besar)
- f. Nilai awal dari tampungan kelengasan (*Soil Moisture Storage*) , nilai SMS tidak ada batasan, tapi perlu diperhatikan fluktuasinya agar seimbang.
 - g. Nilai awal tampungan awal (Ground Water storage) , nilai GWF tidak ada batasan, tapi perlu diperhatikan fluktuasinya agar seimbang.
 - h. Nilai *Crop Factor* (CROFT) berkisar antara 0,9 sampai 1,1.

Sedangkan langkah perhitungan Model NRECA dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Presipitasi / data hujan

Dalam simulasi ketersediaan air ini, diperlukan data curah hujan (P) yang terjadi setiap bulan sepanjang tahun.selama waktu yang ditinjau.

2. Menghitung nilai evapotranspirasi

Untuk perhitungan nilai evapotranspirasi menggunakan metode Penman-Monteith (Monteith,1965). Metode ini dirumuskan pada persamaan.

$$Et_0 = \frac{0.408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)}$$

dengan:

Et_0 = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)

R_n = radiasi matahari

T = suhu udara rata-rata ($^{\circ}C$)

U_2 = kecepatan angin pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah (m/s)

e_s = tekanan uap jenuh (kPa)

e_a = tekanan uap aktual (kPa)

Δ = kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu (kPa/ $^{\circ}C$)

γ = konstanta psikometrik (kPa/ $^{\circ}C$)

3. Menentukan parameter model

- a. Penentuan Nom
- b. Penentuan PSUB
- c. Penentuan GWF
- d. Penentuan Nilai awal tampungan kelembangan tanah (SMS)
- e. Penentuan tampungan air tanah (GWS)

4. Penyimpanan kadar kelembaban tanah (*moisture storage*)

Harga kelembaban tanah ditetapkan dengan cara coba-coba dan sebagai kondisi

awal akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Moisture Storage (i)} = \text{Moisture Storage (i-1)} + \text{Delta Storage (i-1)}$$

dengan :

Delta Storage = perubahan tampungan

5. Rasio Penyimpanan (*Storage Ratio*)

Dengan persamaan :

$$\text{Storage Ratio (i)} = \frac{\text{Moisture storage (i)}}{\text{NOMINAL}}$$

dimana :

$$\text{Moisture storage} = \text{Moisture Storage (i-1)} + \text{Delta Storage (i-1)}$$

$$\text{NOMINAL} = 100 + C \times \text{hujan rata-rata tahunan (mm)}$$

6. Menghitung angka perbandingan antara hujan dan evapotranspirasi potensial

Dengan persamaan :

$$R = P/PET$$

dimana :

R = Perbandingan P/PET

P = data hujan bulanan (mm)

PET = evapotranspirasi potensial (mm)

7. Evapotranspirasi aktual

Dapat dihitung dengan persamaan:

$$AET = k1 \times PET$$

dimana:

k1 = koefisien evapotranspirasi yang tergantung pada nilai R dan *Storage ratio*, dengan menggunakan persamaan regresi sebagai berikut

- Bila $R < 1$ dan *storage ratio* < 2 maka:

$$k1 = P/PET (1 - 0,5 \times \text{Storage ratio}) + 0,5 \times \text{Storage ratio}$$

- Bila $P/PET \geq 1$ atau *Storage ratio* ≥ 2 maka $k1 = 1$

8. Neraca air (*water balance*)

Dengan persamaan :

$$Wb = P - AET$$

dimana :

Wb = *water balance*/neraca air

P = data hujan bulanan (mm)

AET = evapotranspirasi aktual

9. Ratio kelebihan kelembaban tanah (*excess moisture ratio*)

- Untuk *Storage moisture* ≤ 0 , maka *Excess moisture ratio* = 0

- Untuk *Storage moisture* > 0 , maka di hitung dengan persamaan:

$$\text{Excess moisture ratio} = 0,5 \times (1 + \text{Tanh (x)})$$

dimana :

Excess moisture ratio = ratio kelebihan kelembaban tanah

$$X = (\text{Storage ratio} - 1)/0,52$$

$$\text{Tanh} = \frac{\{\exp (x) - \exp (-x)\}}{\{\exp (x) + \exp (-x)\}}$$

10. Kelebihan kelembaban tanah (*excess moisture*)

Bisa dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\text{Excess moisture} = \text{excess moisture ratio} \times \text{water balance}$$

dengan :

Excess moisture = kelebihan kelembaban tanah

Excess moisture ratio = ratio kelebihan kelembaban tanah

Water balance = Neraca air

11. Perubahan tampungan (*delta storage*)

Dengan persamaan :

$$\text{Delta storage} = \text{water balance} - \text{excess moisture}$$

dimana :

Delta storage = perubahan tampungan

Water balance = neraca air

Excess moisture = kelebihan kelembaban tanah

12. Pengisian air tanah (*recharge to groundwater*)

Harga pengisian air tanah didapatkan dengan persamaan :

$$\text{rech} = \text{PSUB} \times \text{excess moisture}$$

dengan :

Rech = pengisian air tanah

PSUB = persentase limpasan yang keluar

Excess moisture = kelebihan kelembaban tanah

13. Tampungan awal air tanah (*begin storage ground water*)

Harga tampungan awal air tanah untuk bulan pertama adalah sama dengan harga GWS. Dan untuk bulan berikutnya akan di hitung dengan persamaan :

$$\text{BSGW (i)} = \text{Rech (i-1)} - \text{GF (i-1)}$$

dengan :

BSGW = tampungan awal air tanah

Rech = pengisian air tanah

GF = limpasan air tanah

(*ground water flow*)

14. Tampungan akhir air tanah (*end storage ground water*)

Dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{ESGW (i)} = \text{Rech (i)} - \text{BSGW}$$

dengan :

ESGW = tampungan akhir air tanah

Rech = pengisian air tanah

BSGW = tampungan awal air tanah

15. Limpasan air tanah (*ground water flow*)

Harga ini didapatkan dari persamaan :

$$GF = GWF \times ESGW$$

dengan :

GF = limpasan air tanah
(ground water flow)

GWF = persentase limpasan yang masuk

ESGW = tampungan akhir air tanah

16. Limpasan langsung (*direct flow*)

Nilai ini didapatkan dari hasil persamaan :

$$DRF = excess\ moisture - rech$$

dengan :

DRF = limpasan langsung

Excess moisture = kelebihan kelembaban tanah

Rech = pengisian air tanah

17. Total Limpasan (Q)

Debit total adalah penjumlahan dari limpasan tanah dan limpasan langsung, seperti pada persamaan berikut :

$$Q = GF + DRF \text{ (mm)}$$

$$QRO = Q \times \text{luas catchment} / 1000/24/3600/\text{jumlah hari dalam bulan}$$

dengan :

Q = debit total (mm)

GF = limpasan air tanah (mm)

DRF = limpasan langsung (mm)

QRO = Total debit bulanan (m³/dtk)

Kalibrasi

Dalam memprediksi debit metode Nreca, perlu dibandingkan dengan debit observasi atau pengamatan sehingga parameter yang di tentukan tersebut menjadi benar.

Langkah-langkah untuk kalibrasi model adalah sebagai berikut :

- Mencoba-coba nilai parameter PSUB dan GWS (parameter dengan sensitifitas tinggi) sehingga didapatkan nilai perbedaan debit hitungan dengan debit pengamatan yang minimum.
- Mencoba-coba nilai parameter SMS, GWS, dan CROFT (parameter dengan sensitifitas rendah) sehingga didapatkan nilai perbedaan debit hitungan dengan debit pengamatan yang minimum
- Mencoba-coba nilai bobot pengaruh stasiun hujan dalam menghitung rerata DAS

Debit andalan

Debit andalan adalah debit sungai yang diharapkan selalu ada sepanjang tahun dan dapat dengan membuat terlebih dahulu garis durasi untuk debit-debit yang disamai atau dilampaui, kemudian ditetapkan suatu andalan berupa suatu

frekuensi kejadian yang didalamnya terdapat paling sedikit satu kegagalan.

Andalan yang didasarkan atas frekuensi/probabilitas kejadian dirumuskan sebagai berikut:

$$P_1 = \frac{m_1}{n_1+1} \times 100 \%$$

dengan:

P₁ = probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan.

m₁ = nomor urut kejadian, dengan urutan variasi dari besar ke kecil.

n₁ = jumlah data

Jumlah dan Pertumbuhan Penduduk

Gambaran mengenai jumlah penduduk secara berurutan biasanya disebut demografi. Dalam hal ini jumlah penduduk di pandang sebagai kumpulan manusia dan perhitungannya disusun menurut berbagai bentuk statistic tertentu.

Perhitungan jumlah dan pertumbuhan penduduk dapat dilakukan dengan menggunakan analisa regresi. Dalam hal ini digunakan 3 bentuk analisa yaitu :

- Analisa regresi linear
- Analisa regresi logaritma
- Analisa regresi eksponensial

Dari ketiga analisa tersebut dipilih angka korelasi dengan nilai terbesar. Proyeksi jumlah penduduk ini diperlukan sebagai dasar untuk perkiraan dan penggunaan air di daerah tersebut.

Kebutuhan Air

Kebutuhan manusia akan air menjadi sangat nyata bila dikaitkan dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan dan kebutuhan pangan.

Kebutuhan air tersebut dapat meliputi beberapa hal seperti: kebutuhan air bersih, irigasi, peternakan, dan industry. Pembahasan berikut ini akan membahas tentang kebutuhan air bersih saja.

Kebutuhan air bersih

Standar kebutuhan air ada 2 (dua) macam yaitu: (Ditjen cipta Karya, 2000)

- Standar Kebutuhan Air Domestik
- Standar kebutuhan Air Non-domestik

Kebutuhan air non domestik untuk kota dapat dibagi dalam beberapa kategori antara lain : (Ditjen Cipta Karya, 2000)

- Kota Kategori I (Metro)
- Kota Kategori II (Kota besar)
- Kota Kategori III (Kota sedang)
- Kota Kategori IV (Kota kecil)
- Kota Kategori V (Desa)

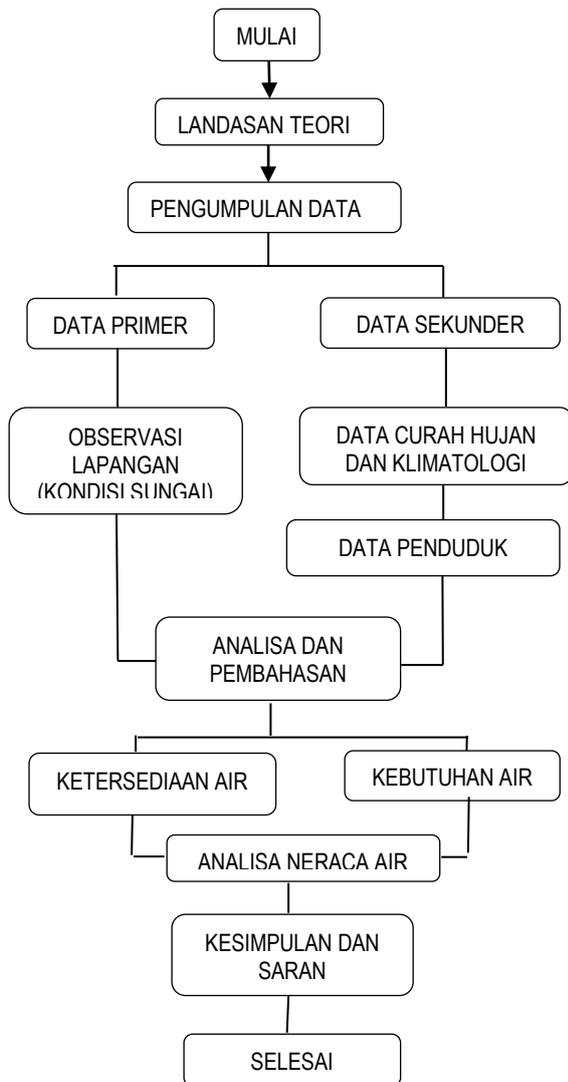
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di DAS Akembuala di Kota Tahuna Kabupaten Sangihe. (Gambar 3).



Gambar 3. Lokasi Penelitian

Bagan Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan bulanan dari stasiun Kuma-kuma. Dengan lama pengamatan 10 tahun, data tersebut disajikan dalam bentuk tabel 1. Metode yang akan digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi pada pembahasan ini menggunakan metode Penman-Monteith, dan mendapatkan hasil seperti pada tabel 2.

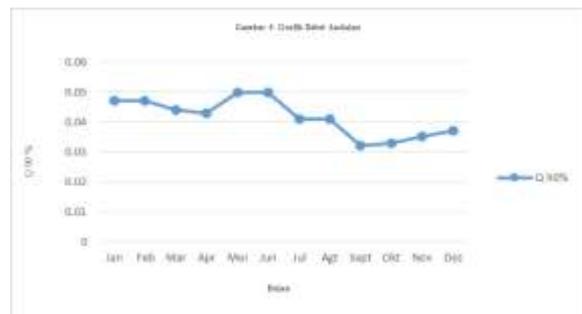
Debit hitungan dengan metode Nreca. Perhitungan awal dilakukan pada tahun 2013 kemudian dilakukan kalibrasi. Dalam proses kalibrasi tersebut memerlukan data debit pengamatan yaitu data debit pengamatan sungai Akembuala (Tabel 3). Dalam menentukan ketersediaan air atau debit andalan pada DAS Sungai Kayuwatu Wangko, digunakan metode NRECA untuk tiap tahunnya selama 10 tahun. Data yang menjadi parameter dalam menentukan debit andalan antara lain :

1. Data curah hujan
2. Data perhitungan evapotranspirasi potensial yang dihitung dengan metode Penman-Monteith
3. Parameter-parameter Metode Nreca

Hasil perhitungan ini akan di kalibrasi sampai mendapatkan selisih terkecil antara debit perhitungan dan debit pengamatan yang diukur dari kesalahan absolut yang minimum atau sesuai.

Perhitungan debit andalan (Q90%) dilakukan dengan mengurutkan debit dari urutan terbesar sampai terkecil selanjutnya dicari nilai probabilitas 90%. hasil penyusunan ditunjukkan pada tabel 4.

Dari hasil penyusunan nilai debit tersebut ternyata nilai Q90% berada diantara nomor urut 9 dan 10. Oleh karena itu perlu dilakukan interpolasi. Dari hasil interpolasi diperoleh nilai Q90% seperti ditunjukkan pada tabel 5.



Gambar 5. Grafik Debit Andalan

Tabel 1. Data curah hujan bulanan stasiun Kuma-kuma tahun 2004 – 2013

| Tahun | | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Bulan | | | | | | | | | | | |
| 1 | Januari | 472,1 | 376,7 | 650,3 | 485,5 | 389,9 | 342,5 | 480,4 | 404,2 | 801,7 | 588,6 |
| 2 | Februari | 251,3 | 161,7 | 291,9 | 373,7 | 412,7 | 286,8 | 90,9 | 342,2 | 349,8 | 378,1 |
| 3 | Maret | 143,5 | 335,9 | 519,1 | 269,5 | 314,1 | 227,6 | 92,9 | 504,3 | 408,6 | 177,1 |
| 4 | April | 131,8 | 117,2 | 489,7 | 187,9 | 425,7 | 245,4 | 143,2 | 362 | 386,8 | 356,3 |
| 5 | Mei | 424,5 | 288,5 | 288,5 | 95,3 | 156,5 | 193 | 521,2 | 275,04 | 222,3 | 285,6 |
| 6 | Juni | 459,4 | 115,1 | 115,1 | 402,4 | 316,8 | 198 | 145 | 186,2 | 123,2 | 222,9 |
| 7 | Juli | 331,4 | 188,7 | 8,3 | 250,6 | 261,3 | 250,6 | 374,9 | 160,4 | 365,4 | 314,4 |
| 8 | Agustus | 86,3 | 101,8 | 109,3 | 391 | 277,9 | 167,6 | 270,5 | 241,4 | 85,2 | 277,5 |
| 9 | September | 61,6 | 166,3 | 150,8 | 422,2 | 187,83 | 111,2 | 187,2 | 110,3 | 211,7 | 269,2 |
| 10 | Oktober | 87,7 | 203 | 38,9 | 83,7 | 485,9 | 119,5 | 341,8 | 350 | 297,4 | 331,6 |
| 11 | November | 166,6 | 342,6 | 233,1 | 450,1 | 477,5 | 395,9 | 240,3 | 422 | 369,6 | 543,5 |
| 12 | Desember | 301,1 | 369 | 504,4 | 476,2 | 485 | 287,4 | 310,9 | 855,2 | 418,2 | 543,3 |

Tabel 2. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi metode Penman-Monteith.

| No | Bulan | Jumlah Hari | mm/hari | mm/bulan |
|----|-----------|-------------|---------|----------|
| 1 | Januari | 31 | 4.020 | 124.620 |
| 2 | Februari | 28 | 4.457 | 124.796 |
| 3 | Maret | 31 | 5.085 | 157.635 |
| 4 | April | 30 | 5.09 | 152.700 |
| 5 | Mei | 31 | 4.979 | 154.349 |
| 6 | Juni | 30 | 4.849 | 145.470 |
| 7 | Juli | 31 | 4.395 | 136.245 |
| 8 | Agustus | 31 | 4.906 | 152.086 |
| 9 | September | 30 | 5.194 | 155.820 |
| 10 | Oktober | 31 | 5.001 | 155.031 |
| 11 | November | 30 | 4.018 | 120.540 |
| 12 | Desember | 31 | 3.691 | 114.421 |

Tabel 3. debit pengamatan sungai Akembuala tahun 2013 (m³/dtk)

| Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nov | Des |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,116 | 0,112 | 0,121 | 0,110 | 0,099 | 0,105 | 0,098 | 0,093 | 0,105 | 0,096 | 0,131 | 0,129 |

Tabel 4. Ketersediaan air DAS Akembuala dengan tingkat keandalan

| No Urut | Prob | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nov | Des |
|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 9.09 | 0.3 | 0.33 | 0.32 | 0.33 | 0.29 | 0.27 | 0.28 | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.28 |
| 2 | 18.18 | 0.26 | 0.29 | 0.31 | 0.32 | 0.29 | 0.25 | 0.26 | 0.24 | 0.24 | 0.27 | 0.25 | 0.23 |
| 3 | 27.27 | 0.23 | 0.28 | 0.22 | 0.27 | 0.26 | 0.25 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.24 | 0.22 | 0.23 |
| 4 | 36.36 | 0.22 | 0.25 | 0.22 | 0.26 | 0.21 | 0.24 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.24 | 0.22 | 0.21 |
| 5 | 45.45 | 0.2 | 0.25 | 0.22 | 0.22 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.21 |
| 6 | 54.55 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.2 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.2 |
| 7 | 63.64 | 0.12 | 0.17 | 0.15 | 0.15 | 0.12 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.16 | 0.15 |
| 8 | 72.73 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.12 | 0.09 | 0.12 | 0.11 |
| 9 | 81.82 | 0.11 | 0.11 | 0.08 | 0.07 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.1 |
| 10 | 90.91 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |

Tabel 5. Nilai debit andalan DAS Akembuala Q90%

| Bulan | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sept | Okt | Nov | Des |
|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q90% | 0.047 | 0.47 | 0.044 | 0.043 | 0.05 | 0.05 | 0.041 | 0.041 | 0.032 | 0.033 | 0.035 | 0.037 |

Besarnya kebutuhan air di suatu daerah sangat tergantung pada tingkat pertumbuhan penduduk dan perilaku masyarakat akan air.

Kebutuhan air baku yang bisa dihitung untuk analisis neraca air yaitu kebutuhan air bersih, kebutuhan untuk irigasi, kebutuhan untuk ternak, kebutuhan untuk perikanan, dan kebutuhan untuk industri. Khusus DAS Akembuala tidak ada kegiatan Irigasi, Peternakan, Industri, melainkan hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan air sebagian penduduk di DAS Akembuala.

Jumlah penduduk sangat berpengaruh terhadap kebutuhan air dimasyarakat. Semakin besar jumlah penduduk di suatu daerah, akan semakin besar pula konsumsi air di daerah tersebut. Pertambahan jumlah penduduk menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan air. Kebutuhan air untuk penduduk di DAS Akembuala diproyeksikan sampai tahun 2033. Dengan demikian perlu dihitung jumlah penduduk di DAS Akembuala sampai tahun 2033 dengan menggunakan analisa regresi, dengan asumsi bahwa pertumbuhan penduduk di seluruh DAS tersebut adalah sama.

Tabel 6. Jumlah Penduduk di Kecamatan Tahuna

| No | Tahun | Jumlah Penduduk |
|----|-------|------------------|
| | | Kecamatan Tahuna |
| 1 | 2005 | 13995 |
| 2 | 2006 | 14574 |
| 3 | 2007 | 14579 |
| 4 | 2008 | 14598 |
| 5 | 2009 | 16410 |
| 6 | 2010 | 15948 |
| 7 | 2011 | 16128 |
| 8 | 2012 | 16952 |
| 9 | 2013 | 17318 |

Jumlah penduduk ini akan dihitung dengan analisa regresi untuk mendapatkan angka korelasi yang paling sesuai.

Dalam menganalisa jumlah penduduk di DAS Akembuala ini didasarkan pada anggapan bahwa penduduk di seluruh DAS Akembuala tersebut adalah sama, jumlah penduduk akan dianalisis sampai tahun 2033.

Kemudian dari analisis tersebut dipilih korelasi yang paling memenuhi. Maka dengan menggunakan Regresi linear didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil analisa regresi untuk proyeksi jumlah penduduk DAS Akembuala

| Tahun | Proyeksi Pertumbuhan Penduduk |
|-------|-------------------------------|
| 2014 | 17685 |
| 2015 | 18099 |
| 2016 | 18514 |
| 2017 | 18928 |
| 2018 | 19343 |
| 2019 | 19757 |
| 2020 | 20172 |
| 2021 | 20587 |
| 2022 | 21001 |
| 2023 | 21416 |
| 2024 | 21830 |
| 2025 | 22245 |
| 2026 | 22659 |
| 2027 | 23074 |
| 2028 | 23489 |
| 2029 | 23903 |
| 2030 | 24318 |
| 2031 | 24732 |
| 2032 | 25147 |
| 2033 | 25561 |



Gambar 6. Grafik Proyeksi pertumbuhan penduduk

Perhitungan kebutuhan air domestik

Kebutuhan air domestik akan diproyeksikan untuk tahun 2033 dengan menggunakan hasil proyeksi jumlah penduduk tahun 2033 sebesar 25.561 jiwa (tabel 7). dan dengan kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya , 2000 maka :

1. Sambungan rumah tangga : 100 liter/orang/hari
2. Sambungan hidran umum : 30 liter/orang/hari
3. Perbandingan sambungan rumah dan sambungan hidran umum adalah SR : HU = 70 : 30

Sambungan rumah (Q_{sr})

Kebutuhan air untuk sambungan rumah menggunakan angka persentase (r_{sr}) sebesar 70% dan kebutuhan air perkapita (q_{sr}) sebesar 100 l/orang/hari, sehingga :

$$Q_{sr} = q_{sr} \times Y \times r_{sr}$$

$$Q_{sr} = 100 \text{ l/orang/hari} \times 25561 \times 70\% = \frac{100 \text{ liter/orang}}{86400 \text{ dtk}} \times 25561 \text{ orang} \times 0,7 = 20,709 \text{ ltr / dtk}$$

Sambungan hidran umum (Q_{hu})

Persentase hidran umum (r_{hu}) digunakan 30% dengan kebutuhan perkapita (q_{hu}) 30 l/orang/hari. perhitungan kebutuhan air untuk hidran umum sebagai berikut :

$$Q_{hu} = q_{hu} \times Y \times r_{hu}$$

$$= 30 \text{ ltr/orang/hari} \times 25561 \text{ orang} \times 30\% = \frac{30 \text{ liter/orang}}{86400 \text{ dtk}} \times 25561 \text{ orang} \times 0,3 = 2,663 \text{ ltr / dtk}$$

Jadi kebutuhan air domestik (Q_d) adalah :

$$Q_d = Q_{sr} + Q_{hu} = 20,709 + 2,663 = 23,372 \text{ ltr / dtk}$$

Perhitungan kebutuhan air non domestik

Kebutuhan air non domestik mengambil nilai 20 % dari kebutuhan domestik. Bisa dilihat pada tabel.

$$Q_n = Q_d \times r_n$$

$$Q_n = 23,372 \text{ ltr/dtk} \times 20\% = 4,6744 \text{ ltr/dtk}$$

Perhitungan kehilangan air (Q_a)

Besarnya persentase kehilangan air (r_a) terhadap kebutuhan air domestik dan non domestik adalah sebesar 20%, jadi :

$$Q_a = (Q_d + Q_n) \times 20\% = (23,372 + 4,6744) \times 20\% = 5,60928 \text{ ltr/dtk}$$

Jadi kebutuhan air bersih total :

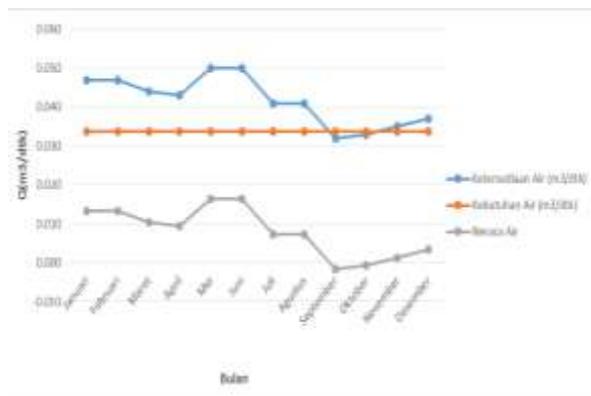
$$Q_{ab} = Q_d + Q_n + Q_a = 23,372 + 4,6744 + 5,60928 = 33,65568 \text{ ltr/dtk} = 0,03365568 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Analisis Neraca Air

Setelah diperoleh ketersediaan air dan kebutuhan air di DAS Akembuala, dengan tanggapan bahwa ketersediaan air tetap, maka dapat dilihat keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di DAS Akembuala yang diperlihatkan pada tabel 8 berikut ini:

Tabel 8. Neraca Air Akembuala

| Bulan | Ketersediaan Air (m3/dtk) | Kebutuhan Air (m3/dtk) | Neraca Air |
|-----------|---------------------------|------------------------|------------|
| Januari | 0.047 | 0.03365568 | 0.0133 |
| Februari | 0.047 | 0.03365568 | 0.0133 |
| Maret | 0.044 | 0.03365568 | 0.0103 |
| April | 0.043 | 0.03365568 | 0.0093 |
| Mei | 0.050 | 0.03365568 | 0.0163 |
| Juni | 0.050 | 0.03365568 | 0.0163 |
| Juli | 0.041 | 0.03365568 | 0.0073 |
| Agustus | 0.041 | 0.03365568 | 0.0073 |
| September | 0.032 | 0.03365568 | -0.0017 |
| Oktober | 0.033 | 0.03365568 | -0.0007 |
| November | 0.035 | 0.03365568 | 0.0013 |
| Desember | 0.037 | 0.03365568 | 0.0033 |



Gambar 7. Grafik neraca air DAS Akembuala

Setelah dianalisa debit sungai Akembuala menggunakan metode Nreca berdasarkan dari data curah hujan bulanan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi DAS tersebut maka didapatkan debit andalan sungai Akembuala pada bulan Januari : 0,047 m³/dtk , Februari : 0,047 m³/dtk, Maret : 0,044 m³/dtk, April : 0,043 m³/dtk, Mei : 0,050 m³/dtk, Juni : 0,050 m³/dtk, Juli : 0,041 m³/dtk, Agustus : 0,041 m³/dtk, September : 0,032 m³/dtk, Oktober : 0,033 m³/dtk , November : 0,035 m³/dtk dan Desember: 0,037 m³/dtk.

Untuk kebutuhan air di DAS Akembuala di tentukan oleh besarnya proyeksi pertumbuhan penduduk di DAS tersebut. setelah dianalisa pertumbuhan penduduk pada DAS Akembuala

pada tahun 2033 sebesar 25.561 orang, maka diperoleh kebutuhan air menurut Kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya sebesar $0,03365568 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Setelah diperoleh besarnya ketersediaan air dan kebutuhan air, dapat dilihat keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di DAS Akembuala. pada bulan Januari sampai Juni ketersediaan air masih melebihi kebutuhan air, pada bulan Juli sampai Agustus kebutuhan air hampir mendekati ketersediaan air, namun pada bulan September sampai Oktober terjadi defisit debit.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan tentang Neraca Air di DAS Akembuala maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan dengan Metode Nreca didapatkan besarnya debit andalan sungai Akembuala tahun 2033, dimana debit minimum pada bulan September yaitu $0,032 \text{ m}^3/\text{dtk}$, dan debit maksimum berada pada bulan Mei dan Juni yaitu $0,50 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
2. Kebutuhan air bersih untuk prediksi tahun 2033 di DAS Akembuala sebesar $0,03365568 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
3. Dari hasil analisis neraca air di DAS Akembuala menunjukkan bahwa debit sungai Akembuala pada bulan Januari sampai Juni ketersediaan air masih melebihi kebutuhan air, untuk bulan-bulan tertentu yaitu bulan

Juli, Agustus, November, Desember besarnya kebutuhan air hampir mendekati besarnya ketersediaan air. Namun pada bulan September dan Oktober terjadi defisit debit, defisit debit minimum terjadi pada bulan November dan defisit debit maksimum terjadi pada bulan Oktober.

Saran

1. Karena terjadinya defisit debit di sungai Akembuala, maka untuk menunjang ketersediaan air yang ada perlu dicari alternatif sumber air lain seperti pemanfaatan air tanah untuk menunjang kebutuhan yang ada.
2. Dengan melihat hasil analisis neraca air sungai Akembuala, maka untuk penggunaan ketersediaan air hanya bisa diperuntukkan bagi DAS Akembuala yaitu Kecamatan Tahuna, dan untuk kecamatan lainnya bisa disarankan mengambil sumber air alternatif lainnya.
3. Agar debit sungai Akembuala terpelihara kuantitasnya, maka perlu diadakan konservasi lahan, sehingga sumber-sumber air tetap terjaga.
4. Mengingat bahwa dalam analisis hidrologi kelengkapan data sangat diperlukan, karena itu ketersediaan data di DAS Akembuala kiranya dapat diperhatikan lagi oleh instansi yang terkait.
5. Perlu diadakan pengaturan sistem manajemen air agar bulan-bulan kering tidak terjadi defisit debit.

DAFTAR PUSTAKA

- Andry, Y., 2006. Analisis Neraca Air pada Sungai Batu Putih di Kecamatan Bitung Utara. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Anonimous., 2001. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Pedoman Perencanaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai, Buku 3 : Proyeksi Penduduk dan Kebutuhan Air untuk Rumah Tangga Perkotaan dan Industri, Jakarta.
- Anonimous., 2004. Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah Sarjana. Fakultas Teknik. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Dajan, Anto, 1986. Pengantar Metode Statistik jilid 1. LP3ES. Jakarta.
- Joyce Martha W., 1983. Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi. Nova. Bandung.

- Muh. Bagus Budianto. 2012. Analisis Kondisi Daya Air di DAS Pelaparado dan Implikasinya Terhadap Upaya Konservasi Sumber Daya Air. Jurnal Teknik Rekayasa volume 13. No. 1. Juni. Universitas Mataram.
- Ray, L. K. dan Joseph B. F., 1991. Teknik Sumber Daya Air. Erlangga. Jakarta.
- RSNI T-01.2004. Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan Dengan Metode Penman – Monteith, BSN. Jakarta.
- Sandy, K., 2007. Analisis Neraca Air di Sungai Ranoyapo. Skripsi Program S1 Teknik sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Sostrodarsono, Suyono, 1997. Hidrologi untuk Pengairan. Pradya Paramitha. Jakarta.
- Sri Harto Br., 1993. Analisa Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sumarauw, Jeffry, 2014. Model Rainfall – Runoff Nreca. Bahan Ajar. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Wilson, E.M. 1993. Hidrologi Teknik, ITB. Bandung.
- Zulfan, A.M. Perencanaan Embung di Desa Mryan Kab. Boyolali. Laporan Tugas Akhir.