TINJAUAN KESEIMBANGAN NERACA AIR (*WATER BALANCE*) DI KOLAM RANTAU BARU KABUPATEN TAPIN

Akhmad Gazali
Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al-Banjary
Email: ulunzali@gmail.com

ABSTRAK

Kolam Rantau Baru merupakan waduk berukuran mikro dibangun untuk menampung kelebihan air hujan dan aliran permukaan di musim hujan. Air yang ditampung tersebut selanjutnya digunakan sebagai sumber irigasi suplementer untuk budidaya komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi di musim kemarau atau di saat curah hujan tidak memenuhi kebutuhan irigasi dengan syarat selalu menjaga ketersediaan air di kolam sepanjang tahun khususnya pada musim kemarau. Studi ini bertujuan untuk mengetahui keseimbangan neraca air di Kolam Rantau Baru berdasarkan nilai perbandingan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Dalam penulisan ini dilakukan analisis hidrologi yang terdiri dari analisis evapotranspirasi, analisis ketersediaan air, analisis debit andalan, analisis kebutuhan air irigasi di hilir Kolam Rantau Baru dan analisis neraca air di Kolam Rantau Baru. Metode yang dipakai untuk menganalisis ketersediaan air adalah dengan metode NRECA, dimana metode ini mensimulasikan keseimbangan air bulanan pada suatu daerah pengaliran sungai tertentu yang ditunjukkan untuk menghitung total limpasan dengan menggunakan hujan bulanan, evapotranspirasi dan kelembaban tanah. Disimpulkan bahwa ketersediaan air Sungai Salak pada kondisi debit andalan (Q80%), debit paling rendah pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus dan September sebesar 0,000 m^3/detik (volume air 0,000 m^3) dan paling tinggi 0,287 m^3/detik (volume air 0,767 juta m^3) pada bulan Januari. Ketersediaan air di Kolam Rantau Baru totalnya sebesar 2,712 juta m^3/tahun. Adapun kebutuhan air irigasi di hilir Kolam Rantau Baru totalnya sebesar 0,689 juta m^3/tahun. Dari hasil studi ini, secara umum kondisi keseimbangan neraca air di Kolam Rantau Baru dalam kondisi terpenuhi, kecuali pada bulan Mei dan Juni mengalami kegagalan. Pilihan yang bisa dipertimbangkan untuk menanggulangi masalah ini, yaitu melakukan modifikasi dalam pola tanam.

Kata kunci: Kolam Rantau Baru, Metode NRECA, Ketersediaan air, Kebutuhan air, Neraca Air.

ABSTRACT

Rantau Baru Pond which is a micro-sized reservoirs was built to accommodate the excess rainwater and run off in the rainy season. Collected water is subsequently used as a source of supplementary irrigation for the cultivation of high value agricultural commodities in the dry season or when rainfall does not fulfill irrigation requirements by maintaining the availability of water in the pond throughout the year especially during the dry season. This study aims to know water balance in the pond of Rantau Baru based on the value of the ratio between water availability and water requirement. In this study, hydrological analysis which were used included analysis of evapotranspiration, water availability analysis, analysis of dependable flow, analysis of irrigation water requirement at the downstream of Rantau Baru Pond and analysis of water balance in the Rantau Baru Pond. The method used to analyze water availability is the method of NRECA, where this method simulates the monthly water balance in a particular river drainage areas indicated for counting the total runoff by using monthly

rainfall, evapotranspiration and soil moisture. It was concluded that the availability of Salak river water flow at the conditions of dependable flow (Q80%), the lowest discharge in August is of 0,000 m^3/sekon (water volume 0.000 m^3) and the highest is 0,287 m^3/sekon (0,767 million m^3 of water volume) in January. Water availability at the Rantau Baru Pond is of 2,712 million m^3/year in total. The irrigation water requirement in the downstream Rantau Baru Pond is of 0,689 million m3/year in total. From this study, the general condition of the water balance in the Rantau Baru Pond is a fulfilled condition, but in May and Juny is not fulfilled. There is choice to overcome this problem, for example does modification in cropping pattern.

Keywords: *Rantau Baru Pond, NRECA Method, Water Availability, Water Requirement, Water Balance.*

1. PENDAHULUAN

Secara ideal, sebuah kota seharusnya dapat berfungsi dengan baik sebagai salah satu titik awal dari tumbuh, berkembang, dan meningkatnya kehidupan sosial, ekonomi dan masyarakat. Pertumbuhan, perkembangan dan peningkatan ini tidak hanya terjadi di kota tersebut tetapi juga menyebar ke kawasan-kawasan lain yang berada dalam wilayah pengaruhnya. Agar kota dapat berfungsi dengan baik, pertumbuhan dan perkembangannya perlu direkayasa, direncanakan, diarahkan dan dikendalikan. Namun, pada kenyataannya sering kali pertumbuhan dan perkembangan kota kurang terarah dan kurang terkendali. Akibatnya timbul berbagai permasalahan kota yang besar dan kompleks dengan segala konsekuensinya. Kondisi yang demikian nampaknya juga sudah terjadi di kota Rantau, ibukota kabupaten Tapin.

Dilihat dari sisi planologis dan manajemen perkotaan, pertumbuhan dan perkembangan kota Rantau selama ini terlihat kurang terarah dan terkendali. Hal ini tercermin dari kepadatan bangunan yang relatif tinggi, pertumbuhan kota yang seporadis dan menyebar, struktur kota yang tidak jelas dan belum terpola, kualitas visual kota yang relatif rendah dan berbagai permasalahan kota.

Dengan kondisi itu, nampaknya sulit untuk merubah kota Rantau yang ada sekarang menjadi sebuah kota yang berkualitas dan secara optimal dapat berperan dalam mendorong pertumbuhan ekonomi wilayah. Penerapan program peremajaan kota tentunya akan membutuhkan biaya ekonomi dan sosial yang tinggi, sementara hasilnya tidak akan optimal.

Situasi dan kondisi kota Rantau seperti yang digambarkan di atas menginspirasi Pemerintah Kabupaten Tapin untuk membangun kota Rantau menjadi sebuah kota yang berkualitas. Strategi yang terbaik adalah mewujudkan sebuah kawasan baru, yaitu kawasan Rantau Baru dalam konsep kota baru di dalam kota (*new town in town*).

Dalam Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan (RBTL), salah satu rencana konsep kawasan Rantau Baru adalah konsep Kota Hijau (*Green City*). Dalam konsep tersebut tertuang rencana pendekatan konsep hijau biru (*green blue plan*) dalam kawasan perencanaan. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalisasikan antara rencana hijau kawasan (*vegetasi landscape*) dan rencana biru kawasan pada area tepian sungai dengan cara kelayakan lahan dan membuat danau buatan tengah kota sehingga memberi kesan teduh, asri di dalam kawasan maupun di sepanjang jalan utama kota juga untuk memperkuat image sebagai kota Rantau sebagai kota bernuansa taman yang hijau.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tim Hidrologi AMDAL pada tahun 2008, fungsi danau buatan ini pada dasarnya sebagai tempat rekreasi dan kawasan hijau, namun pada saat musim kemarau diharapkan bisa menjadi tempat penampungan air untuk kebutuhan lahan sawah seluas 20 Ha dan kebutuhan air di Mesjid Dalung yang terletak di hilir kolam. Dalam penelitian ini, danau buatan tersebut diberi nama Kolam Rantau Baru.

Permasalahan dimulai dengan asumsi bahwa ketika tahap pembuatan kolam selesai dilaksanakan sesuai RTBL Rantau Baru, ketersediaan sumberdaya air dapat dipertahankan dengan tindakan-tindakan teknis dan manajemen, agar seluruh fungsi-fungsi kolam yang dikehendaki dapat terlaksana dan diperlukan studi neraca air.

Berlatar belakang hal tersebut di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah Bagaimana keseimbangan air (*water balance*) yang ada di Kolam Rantau Baru berdasarkan perbandingan antara ketersediaan air dan kebutuhan air? Adapun tujuan penelitian ini adalah Mengetahui bagaimana keseimbangan air (*water balance*) yang ada di Kolam Rantau Baru berdasarkan perbandingan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Untuk menghindari meluasnya lingkup penelitian ini dan memudahkan penyelesaian penelitian, serta konsentrasi studi yang terarah pada tujuan yang ingin dicapai, maka diperlukan batasan pada lingkup penelitian yang dilakukan, yaitu:

a) Daerah yang akan dilakukan penelitian adalah Kolam Rantau Baru berada pada Sub Daerah Aliran Sungai Tapin, tepatnya pada alur Sungai Salak.
b) Penelitian dibatasi pada analisa ketersediaan air dan kebutuhan air di Kolam Rantau Baru, sedangkan analisa banjir tidak dikaji.
c) Kolam Rantau Baru dibatasi pemanfaatannya hanya untuk kebutuhan air lahan sawah seluas 20 Ha di hilir kolam tersebut.
d) Pengolahan data yang meliputi: pengolahan data hidrologi, pengalihragaman hujan menjadi aliran dengan menggunakan model NRECA.

2. KAJIAN PUSTAKA

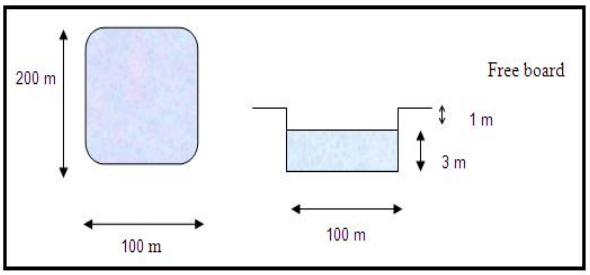
2.1 Definisi dan Manfaat Kolam Buatan (Embung)

Embung atau tandon air merupakan waduk berukuran mikro (small farm reservoir) yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan dan aliran permukaan di musim hujan. Air yang ditampung tersebut selanjutnya digunakan sebagai sumber irigasi suplementer untuk budidaya komoditas pertanian bernilai ekonomi tinggi (high added value crops) di musim kemarau atau di saat curah hujan tidak memenuhi kebutuhan irigasi.

Besarnya kapasitas tampungan suatu waduk atau kolam yang direncanakan pada suatu regim sungai agar dapat memenuhi kebutuhan fungsionalnya tergantung dari 3 faktor berikut:

a. Variasi aliran sungai;
b. Besarnya kebutuhan air dan
c. Reliabilitas dari waduk/ kolam.

Tampungan kolam direncanakan memiliki luas ± 20 ribu m2 (100 m x 200 m) dengan ketinggian rata-rata muka air dari dasar kolam 3 m. Tinggi jagaan banjir di tetapkan sebesar 1 m. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Sumber : RTBL Kawasan Rantau Baru
Gambar 1. Idealisasi Denah Kolam dan Potongan

2.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi (ET) adalah jumlah air total yang dikembalikan lagi ke atmosfer dari permukaan tanah, badan air, dan vegetasi oleh adanya pengaruh faktor-faktor iklim dan fisiologis vegetasi. Evapotranspirasi (ET) merupakan gabungan antara proses-proses evaporasi, intersepsi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan, yaitu perubahan dari zat cair menjadi uap air atau gas dari semua bentuk permukaan kecuali vegetasi. Sedang transpirasi adalah perjalanan air dalam jaringan vegetasi (proses fisiologis) dari akar tanaman ke permukaan daun dan akhirnya menguap ke atmosfer. Intersepsi adalah penguapan dari permukaan vegetasi ketika berlangsung hujan. Besarnya laju transpirasi kurang lebih sama dengan laju evaporasi apabila pori-pori daun terbuka. Proses pembukaan pori-pori daun tampaknya

dikendalikan oleh besarnya pembukaan diameter pori-pori daun. Ketika pori-pori daun menutup, proses transpirasi tetap berlangsung tetapi dengan laju yang sangat lambat (Wanielista dalam Riady, 1990).

Dalam studi ini digunakan metode Penman Modifikasi sebagai pendekatan untuk mencari harga evapotranspirasi, karena dalam metode ini digunakan data klimatologi yang lebih lengkap bila dibandingkan dengan kedua metode lainnya. Bentuk persamaan Penman yang telah dimodifikasi adalah:

$$Eto = C \cdot [W \cdot Rn + (1-W) \cdot F(U) \cdot (ea - ed)] \quad (2.1)$$

Dimana:

Eto = evapotransporasi tetapan (mm/hari),
C = faktor penyesuaian yang tergantung pada kecepatan angin siang hari, kelembaban udara relatif (RH) maksimum, perbandingan kecepatan angin siang dan malam hari,
W = faktor bobot yang tergantung pada temperatur dan ketinggian,
Rn = radiasi netto ekuifalen dengan evaporasi dalam mm/hari,
F(U) = faktor bobot yang tergantung pada temperatur dan ketinggian,
ea = tekanan uap air jenuh (mbar),
ed = tekanan uap air nyata (mbar).

2.3 Analisa Ketersediaan Air

Ketersediaan air yang merupakan bagian dari fenomena alam, sering sulit untuk diatur dan diprediksi dengan akurat. Hal ini karena ketersediaan air mengandung unsur variabilitas ruang (*spatial variability*) dan variabilitas waktu (*temporal variability*) yang sangat tinggi. Oleh karena itu, analisis kuantitatif dan kualitatif harus dilakukan secermat mungkin agar dapat dihasilkan informasi yang akurat untuk perencanaan dan pengelolaan sumberdaya air.

Untuk analisis ketersediaan air permukaan, yang akan digunakan sebagai acuan adalah debit andalan (*dependable flow*). Yang paling berperan dalam studi ketersediaan air permukaan adalah data rekaman debit aliran sungai. Rekaman tersebut harus berkesinambungan dalam periode waktu yang dapat digunakan untuk pelaksanaan proyek penyediaan air. Apabila penyadapan air akan dilakukan dari sungai yang masih alami, maka diperlukan rekaman data dari periode-periode aliran rendah yang kristis yang cukup panjang, sehingga keandalan pasok air dapat diketahui.

2.4 Model NRECA

Salah satu model yang dipakai dalam menghitung ketersediaan air adalah Metode NRECA (*National Rural Electrical Cooperation Agency*) yang dikembangkan oleh Norman H. Crawford (USA) pada tahun 1985, yang merupakan penyederhanaan dari Standford watershed model IV (SWM) yang memiliki beberapa parameter. Metode NRECA mensimulasikan kesetimbangan air bulanan pada suatu daerah tangkapan yang ditujukan untuk menghitung total run off dari nilai curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembaban tanah dan ketersediaan air tanah. Model kesetimbangan air Metode NRECA didasarkan pada proses kesetimbangan air secara umum yakni hujan yang jatuh di atas permukaan tanah dan tumbuhan penutup lahan sebagian akan menguap, sebagian akan menjadi aliran permukaan dan sebagian lagi akan meresap masuk kedalam tanah. Infiltrasi air akan menjenuhkan tanah permukaan dan kemudian air akan merambat menjadi perkolasi dan keluar menuju sungai sebagai aliran dasar (base flow). Perbedaan Metode NRECA dengan model kesetimbangan air yang lain seperti Metode F.J. Mock terletak pada jumlah parameter yang digunakan.

Model ini digunakan untuk menghitung debit bulanan dari curah hujan bulanan berdasarkan keseimbangtan air di DAS. Konsep metode NRECA memerlukan input utama data hujan dan evapotranspirasi actual yang diilustrasikan pada Gambar 2.5. Kandungan air dalam tanah dihitung setiap bulan dan merupakan fungsi dari evapotrasnpirasi aktual dan curah hujan. Evapotrasnpirasi aktual dihitung dari evapotrasnpirasi potensial dan hujan dengan bantuan persamaan empiris (Trenggono dalam Gomeks, 2007). Model ini menggunakan dua parameter utama yaitu PSUB yang menggambarkan bagian kelebihan air hujan yang masuk ke dalam tampungan air tanah dan GWF yang mencerminkan bagian dari

tampungan air tanah yang mengkontribusi aliran air sungai. Selain dari tampungan air tanah, aliran air di sungai sebagian besar dari kelebihan kelengasan tanah sebesar (1-PSUB).

Dalam analisis ketersediaan air, metode perhitungan yang dilakukan untuk menghitung debit bulanan yang terjadi menggunakan data hujan bulanan dan evapotranspirasi. Persamaan dasar kesetimbangan air yang digunakan :

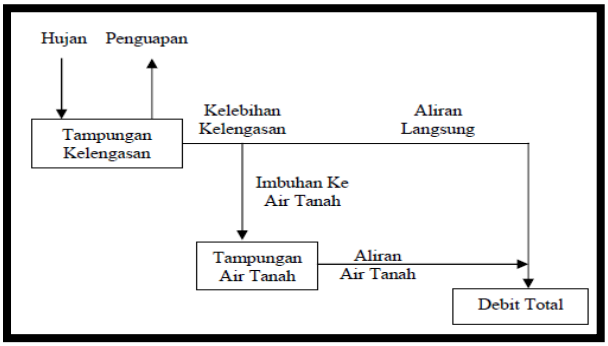
$$RO = P\text{-}AE + ?S \qquad (2.2)$$

Dimana:

P = Presipitasi (hujan rata-rata di DAS) (mm),

AE = Evapotranspirasi actual (penguapan actual)(mm),

?S = Perubahan tampungan. (mm).



Sumber: Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil

Gambar 2. Diagram Model Hujan Limpasan Metode NRECA

Pada model NRECA ini ada beberapa parameter karakteristik daerah tangkapan yang digunakan dalam model hujan limpasan ini diuraikan sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Parameter yang Digunakan dalam Metode NRECA

Nominal	=	Indeks kapasitas kelengasan tanah (mm), yang dapat didekati dengan persamaan : 100 + C.Ra C = 0.2 Ra =Hujan tahunan (mm) Nilai NOMINAL dapat berkurang sampai dengan 25% pada DAS yang vegetasinya terbatas dan tanah penutupnya tipis.
PSUB	=	Prosentasi dari limpasan yang bergerak keluar dari DAS melalui limpasan permukaan.PSUB merupakan parameter karakteristik lapisan tanah pada kedalaman 0-2m.Nilai Psub berkisar antara 0.1-0.5 tergantung pada sifat lulus air tanah. PSUB = 0.1 bila tanah bersifat kedap. PSUB = 0.5 bila tanah bersifat lulus air.
GWF	=	Prosentase dari tampungan air tanah yang mengalir kesungai sebagai aliran dasar. GWF merupakan parameter karakteristik lapisan tanah pada kedalaman 2-10m. GWF = 0.5 bila bersifat lulus air. GWF = 0.9 bila bersifat kedap air.

Sumber: Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi Kering di Indonesia

Karakteristik-karakteristik tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. NOMINAL; Index soil moisture stotrage capacity pada daerah tangkapan.
b. PSUB; Prosentase runoff yang mengalir pada jalur subsurface.
c. GWF; Prosentase air yang masuk menjadi aliran air tanah.

2.5 Analisa Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi ini meliputi pemenuhan kebutuhan air keperluan untuk lahan pertanian yang dilayani oleh suatu sistem irigasi teknis, setengah teknis maupun sederhana. Kebutuhan air untuk irigasi diperkirakan dari perkalian antara luas lahan yang diairi dengan kebutuhan airnya per satuan luas. Kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut.

a. Kebutuhan untuk penyiapan lahan;
b. Kebutuhan air konsumtif untuk tanaman;
c. Kebutuhan air untuk penggantian lapisan air;
d. Perkolasi;
e. Efisiensi air irigasi;
f. Luas areal irigasi dan

g. Curah hujan efektif.

Kebutuhan total air di sawah mencakup faktor a sampai dengan f, sedangkan untuk kebutuhan bersih air irigasi di sawah mencakup faktor a sampai g. Persamaan untuk menghitung kebutuhan bersih air irigasi di sawah:

$$IG = \frac{(IR + Etc + RW + P - ER)}{IE} xA \quad (2.3)$$

Dimana:
IG = kebutuhan air (liter/detik),
IR = kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm/hari),
Etc = kebutuhan air konsumtif (mm/hari),
RW = kebutuhan air untuk penggantian lapisan air (mm/hari),
P = perkolasi (mm/hari),
ER = hujan efektif (mm/hari),
EI = efisiensi irigasi (%),
A = luas areal irigasi (ha).

2.6 Analisis Neraca Air

Analisis neraca air sangat terkait dengan sifat dari sumber daya air yang selalu berubah-ubah menurut waktu, ruang, jumlah dan mutu. Oleh karena itu, pada setiap daerah akan memiliki karakteristik yang khas.

Perhitungan neraca air dilakukan dengan didasarkan pada perbandingan antara ketersediaan air permukaan dengan memperhatikan adanya titik-titik pengambilan (misalnya: bendung atau waduk) dengan total kebutuhan air di wilayah yang dilayaninya, dengan belum memperhitungkan adanya optimasi pemanfaatan jika terjadi defisit air. Langkah-langkah analisis keseimbangan air dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menghitung ketersediaan air pada masing-masing DAS yang akan melayani wilayah administrasi tertentu sebagai titik-titik pusat kebutuhan yang juga dihitung kebutuhan airnya.
2. Menghitung keseimbangan air antara titik-titik kebutuhan dengan wilayah- wilayah DAS yang melayaninya.
3. Melakukan proyeksi terhadap kebutuhan sehingga dapat diperkirakan kebutuhan air di masa yang akan datang.

Biasanya sub wilayah sungai hulu digabungkan di titik tersebut. Untuk skematisasi perlu dibedakan sistem sumberdaya air yang mempunyai pengaruh besar terhadap wilayah tersebut dan titik-titik pengambilan yang banyak dan kecil-kecil. Wilayah sungai yang besar diperlukan pengelompokan setiap titik yang kecil-kecil, dengan tujuan penyederhanaan permasalahan.

Untuk memperkirakan potensi sumberdaya air pada suatu wilayah, diperlukan perhitungan kondisi keseimbangan air yang terjadi, yang meliputi kajian terhadap parameter curah hujan, evapotranspirasi, limpasan permukaan dan jumlah air yang terserap ke dalam tanah (infiltrasi).

Pada dasarnya analisis hidrologi mempunyai asumsi bahwa siklus hidrologi pada daerah pengamatan adalah suatu sistem, di mana terdapat input dan output sistem. Sistem dalam analisis hidrologi disebut *water balance*, keseimbangan air, neraca air (memperhitungkan *inflow* dan *outflow*), Keseimbangan air dalam siklus hidrologi tergantung pada daerah yang diamati sesuai dengan *inflow* dan *outflow*.

2.7 Neraca Keseimbangan Sumberdaya Air

Neraca air (*water balance*) adalah hubungan antara masukan air total (*inflow*) dengan keluaran air total (*outflow*) dalam suatu daerah untuk suatu periode tertentu. Sifat kuantitatif, neraca air total sama dengan keluaran air total ditambah dengan perubahan air cadangan (change in storage). Nilai perubahan air cadangan dapat bertanda negatif atau positif.

Neraca air suatu daerah pengaliran dilaksanakan dengan mempertimbangkan air permukaan dan air tanah, maka perubahan air cadangan dari suatu daerah pengaliran sungai dapat diperkirakan dengan rumus :

$$P_a = H - (E + T + Q_g + Q) \quad (2.4)$$

Dimana:
P_a = Perubahan air cadangan (m^3/th),
H = Curah hujan rata – rata pertahun (mm/th),
E = Evavorasi,
T = Evapotranspirasi,

Q_g = Aliran air tanah keluar daerah pengaliran,
Q = Aliran permukaan keluar daerah pengaliran.

Persamaan neraca air daerah aliran sungai yang hanya memperhatikan air permukaan (*surface water*) saja tanpa memperhatikan air tanah, maka secara sederhan diperoleh hubungan :

$$P_a = H - (E + T + I + Q) \quad (2.5)$$

Nilai I adalah besarnya infiltrasi dan apabila untuk periode waktu tertentu dianggap tidak terjadi perubahan air cadangan (P_a = 0) maka persamaan dapat ditulis sebagai :

$$Q = H - L \quad (2.6)$$

Nilai L adalah besarnya kehilangan air yang besarnya merupakan penjumlahan dari nilai E, T dan I. persamaan ini menyatakan bahwa aliran permukaan sama dengan besarnya curah hujan dikurangi nilai kehilangan air. Konsep inilah yang menjadi dasar perhitungan aliran permukaan secara umum.

Neraca keseimbangan sumberdaya air merupakan indikator untuk menilai gambaran pendistribusian air baik air permukaan maupun air tanah menurut sistem tata air yang berlaku pada suatu wilayah. Perhitungan perbedaan antara besaran jumlah air masuk, jumlah air keluar yang mempengaruhi kondisi cadangan air pada musim hujan dan musim kemarau disebut sebagai neraca air. Keseimbangan sumberdaya neraca air dapat pula ditinjau dari aspek besaran jumlah pemanfaatan air (*Demand* : D) dan ketersediaan air (*Supply* : S), dimana tingkat keefektifan penggunaan sumberdaya air pada suatu wilayah ditentukan pada kondisi D < S.

Sebelum melakukan analisis neraca keseimbangan sumberdaya air, harus diketahui terlebih dahulu besarnya potensi air dan besarnya penggunaan air yang ada. Potensi air yang dimaksud di sini adalah besarnya debit andalan yang telah direncanakan untuk daerah yang dianalisis. Sedangkan penggunaan air merupakan besarnya kebutuhan air untuk minum, budidaya ikan, keperluan rumah tangga, pertanian dan industri. Kedua hal tersebut di atas selanjutnya dibandingkan, apabila debit andalan melimpah maka luas lahan irigasi yang direncanakan adalah tetap karena luas maksimum daerah layanan (*command area*) dan proyek akan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai. Bila debit andalan tidak memenuhi atau bahkan terjadi kekurangan air, maka ada beberapa pilihan yang bisa dipertimbangkan untuk menanggulangi masalah ini, yaitu sebagai berikut:

1. Luas daerah irigasi dikurangi
   Bagian-bagian tertentu dari daerah yang bisa diairi (luas maksimum daerah layanan) tidak akan diairi.
2. Melakukan modifikasi dalam pola tanam
   Melakukan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
3. Melakukan rotasi teknis/golongan
4. Mengambil air dari debit sungai yang berada di sekitar lahan pertanian yang ditinjau.

Menurut Sri Harto (1993) persamaan neraca-air secara sederhana disajikan dalam persamaan sebagai berikut:

$$I = O \pm \Delta S \quad (2.7)$$

Dimana:
I = masukan total (*total inflow*),
O = keluaran total (*total outflow*), dan
ΔS = perubahan tampungan atau selisih antara jumlah *inflow* dan *outflow*.

Penerapan analisis neraca air dapat pada suatu DAS, sub DAS, zona permukaan, zona *subsurface* atau juga pada aquifer. Prinsip neraca air ini diterapkan hampir pada semua komponen hitungan model hidrologi, baik untuk simulasi hidrograf banjir maupun aliran kontinu (*lowflow*).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Ruang lingkup materi penelitian diarahkan pada tahapan-tahapan analisis untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu:

1. Kajian terhadap karakeristik fisik dasar Kolam Rantau Baru

Kajian ini diarahkan untuk mengetahui kondisi potensi ketersediaan sumberdaya air (*water availability*) di Kolam Rantau Baru.

2. Kajian arahan pengelolaan sumberdaya air di lokasi penelitian

   Berdasarkan hasil kajian sebelumnya, maka pada kajian ini dilakukan perumusan pola pengelolaan sumberdaya air dengan mempertimbangkan kondisi keseimbangan air alami.

3.2 Pendekatan Penelitian

Berdasarkan UU No.7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air pasal 12 ayat 1 dan 2 disebutkan bahwa pengelolaan air permukaan melalui dasar wilayah DAS dan pengelolaan air tanah harus berdasarkan cekungan air tanah. Dalam penelitian ini, satuan pengamatan yang digunakan dalam bentuk morfologis berupa DAS tepatnya Sub DAS Tapin.

Beberapa asumsi dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Perhitungan ketersediaan sumberdaya air permukaan dilakukan dengan menggunakan pendekatan matematis metoda hidrometeorologi (pendekatan *Water Balance* versi NRECA). Oleh karenanya hasil yang didapatkan merupakan nilai hasil pendekatan matematis dan bukan nilai actual.
2. Perhitungan potensi air permukaan dilakukan dengan menggunakan pendekatan batas wilayah DAS yang ada, dalam hal ini Sub DAS Tapin, dengan asumsi bahwa Sub DAS Tapin tersebut sudah cukup representatif mewakili wilayah secara keseluruhan.

3.3 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilaksanakan ini apabila ditinjau dari tujuannya dapat digolongkan sebagai penelitian pengembangan (research *and development study*), yaitu tentang Tinjauan Kesetimbangan Neraca Air (*Water Balance*). Di Kolam Rantau Baru Kabupaten Tapin. Saat ini data-data teknis terkait dengan pengelolaan Sub DAS Tapin masih terpisah dan terdapat pada instansi yang berbeda-beda serta masih bersifat sebagai informasi/untuk keperluan pelaporan saja. Untuk itu diperlukan usaha pengumpulan/kompilasi data-data teknis tersebut agar nantinya dapat menjadi data yang berguna dalam hal pengelolaan Sub DAS Tapin. Dalam hai ini, skema tingkat ketersediaan air dapat dijadikan sarana kompilasi data teknis tersebut secara terstruktur, maupun untuk membantu dalam tahap lanjutan analisa sumberdaya air pada kolam tersebut.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini secara umum berupa perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk membantu dalam analisis data, dan metode atau model-model persamaan analisis untuk menyelesaikan permasalahan secara sistematis. Software yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain Microsoft Excel. Metode atau model-model persamaan analisis yang dipergunakan antara lain adalah metode persamaan water balance di Kolam Rantau Baru, persamaan penelusuran debit inflow historis dan prosedur pembuatan model keseimbangan neraca air.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder adalah data-data yang didapatkan dari instansi terkait, seperti data klimatologi yang didapatkan dari BMG, data-data bangunan fisik DI didapatkan dari dinas PU, data historis hidrometri dari dinas PU, dan lain-lain. Selain itu untuk mengklarifikasi data-data sekunder juga dilakukan pengecekan langsung ke lapangan agar jelas validitasnya.

Data-data primer didapatkan antara lain dari pengujian dan pengamatan secara langsung di lapangan, misalnya pengamatan data pengaruh pasang surut pada lahan sawah; pengujian sumuran untuk mengetahui kondisi aliran air tanah permukaan (subsurface water flow), yang merupakan informasi dasar dalam penentuan salah satu variabel model (debit seepage dan perkolasi); pengamatan muka air di saluran drainase, dan lain-lain.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga metoda, yaitu:

1. Pengumpulan data sekunder;
2. Wawancara terhadap stakeholder terkait dan masyarakat di sekitar lokasi penelitian;
3. Observasi lapangan.

Kebanyakan data yang digunakan sebagai bahan analisis adalah jenis data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Data primer yang digunakan adalah berupa hasil wawancara dengan stakeholder terkait dan masyarakat di sekitar lokasi penelitian, serta data observasi gambaran aktual wilayah penelitian yang disajikan dalam bentuk deskripsi wilayah.

Jenis dan sumber data sekunder yang digunakan adalah berupa data karakteristik fisik wilayah, meliputi:

- Peta batas administrasi, peta topografi, peta batas wilayah DAS, peta RTRW, dll.
- Sumber data : Dinas Pekerjaan Umum Pusat Provinsi Kalimantan Selatan, Dinas Pekerjaan Umum Kota Rantau
- Data Klimatologi : BMG Wilayah Kota Banjarbaru.

3.5 Lokasi Daerah Penelitian

Kabupaten Tapin adalah salah satu Daerah Tingkat II di provinsi Kalimantan Selatan, Indonesia. Ibukota kabupaten ini terletak di Rantau. Kabupaten Tapin merupakan salah satu bagian dari provinsi Kalimantan Selatan yang secara geografis terletak pada 2°51´48” - 2°58´36” Lintang Selatan dan 115°6´3” - 115°9´16” Bujur Timur serta berbatasan dengan :

- Kabupaten Hulu Sungai Selatan (HSS) di sebelah utara
- Kabupaten Banjar di sebelah selatan
- Kabupaten Barito Kuala di sebelah barat, dan
- Kabupaten Banjar di sebelah timur

Wilayah administratif Kabupaten Tapin mencakup wilayah seluas 2.700,82 km persegi yang terdiri dari 12 wilayah kecamatan. Dari data statistik yang ada, pada umumnya masing-masing kecamatan di Tapin memiliki luas wilayah yang hampir merata. Kecamatan dengan luas wilayah paling besar adalah Kecamatan Candi Laras Utara dengan luas wilayah 730,48 km2 atau sebesar 27,04% dari keseluruhan luas Kabupaten Tapin, sedangkan kecamatan dengan luas wilayah paling kecil adalah Kecamatan Tapin Utara dengan luas wilayah 71,49 km2 atau sebesar 2,65% dari keseluruhan luas Kabupaten Tapin.

Kolam Rantau Baru terletak di desa Rantau Kiwa Kecamatan Tapin Utara, Kabupaten Tapin Provinsi Kalimantan Selatan. Kolam ini dibuat sebagai tempat penampungan air sementara akibat limpasan permukaan (*Run Off*). Selain itu, kolam berada pada Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Tapin yang memiliki potensi pengembangan sumberdaya air yang cukup besar, khususnya untuk lahan rawa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambaran Sungai Tapin pada Gambar 3, Kondisi Kolam Rantau Baru pada Gambar 4 dan Peta Lokasi Daerah Penelitian dan Letak Kolam Rantau Baru pada Gambar 5.

(Dokumen Pribadi)
Gambar 3. Gambaran Sungai Salak

(Dokumen Pribadi)
Gambar 4. Kondisi Kolam Rantau Baru

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Input Keseimbangan Neraca Air

Parameter yang digunakan dalam keseimbangan neraca air dapat digolongkan dalam beberapa jenis, diantaranya adalah data hidrologi, data kebutuhan air, data ketersediaan air, serta data catchment area Rantau Baru.

4.2 Parameter Data Hidrologi

Parameter data hidrologi dalam penelitian ini antara lain data curah hujan, evaporasi, kelembaban udara, dan kecepatan angin. Prosedur dan hasil perhitungan data hidrologi yang telah di olah tersebut terdapat dalam tabel hasil rata-rata klimatologi Tatakan selama 10 tahun.

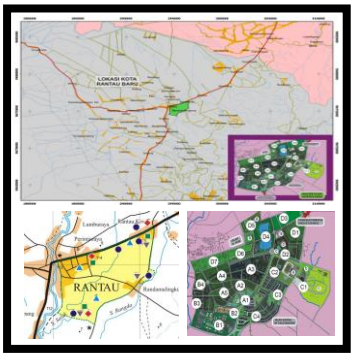
4.3 Penyusunan Metode NRECA

4.3.1 Data Klimatologi

Data klimatologi bersumber dari stasiun klimatologi Tatakan, Kabupaten Tapin untuk 10 tahun data yaitu: data dari Tahun 1996–2005. Data klimatologi rata-rata selama 10 tahun Tatakan dapat dilihat pada Tabel 2.

No.	Bulan		Temp (^oC)	RH(%)	Penguapan (mm)	Kecepatan Angin (Km/hari)	Sinar Matahari (%)
1	Januari	1	26,8	86,0	2,6	82,1	39,3
2	Januari	2	28,0	84,6	2,8	85,4	40,4
3	Februari	1	26,5	84,4	2,9	89,8	47,1
4	Februari	2	27,0	85,0	3,3	86,4	48,0
5	Maret	1	27,0	84,3	3,1	70,2	47,9
6	Maret	2	27,3	85,3	2,9	66,5	53,0
7	April	1	29,0	84,3	3,0	67,7	53,6
8	April	2	28,1	84,0	3,0	67,2	56,3
9	Mei	1	27,4	83,0	3,1	60,7	52,1
10	Mei	2	27,4	83,6	3,4	63,9	53,9
11	Juni	1	27,3	82,6	3,2	65,8	62,4
12	Juni	2	27,5	82,1	3,6	70,9	64,2
13	Juli	1	27,3	81,3	4,0	67,8	58,4
14	Juli	2	27,8	80,4	5,0	78,5	77,4
15	Agustus	1	27,8	78,0	5,1	81,7	76,8
16	Agustus	2	27,6	78,3	5,6	84,9	75,9
17	September	1	28,1	79,8	5,6	103,1	70,6
18	September	2	27,9	79,7	5,1	92,6	65,0
19	Oktober	1	27,7	81,0	5,0	87,3	64,9
20	Oktober	2	27,8	81,5	4,7	91,7	56,4
21	November	1	27,5	82,8	3,5	79,5	50,0
22	November	2	25,5	83,7	3,1	72,2	49,3
23	Desember	1	25,5	84,4	2,7	75,7	40,6
24	Desember	2	27,0	83,7	2,5	88,4	39,5

Tabel 2. Hasil Rata-Rata Klimatologi Tatakan Selama 10 Tahun
(Sumber: Hasil Perhitungan)



Sumber : Peta RTBL Kawasan Rantau Baru
Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian, Letak Kolam Rantau Baru (D4)

4.3.2 Analisis Data Klimatologi dengan Evapotranspirasi Penman

Analisis Model NRECA memerlukan data evapotranspirasi yang di sini cara

perhitungan menggunakan Metode Penman. Metode Penman dalam hitungannya menggunakan data iklim rerata tahunan, prakiraan besarnya evapotranspirasi dengan Metode Penman dianggap mempunyai derajat ketelitian yang cukup tinggi dibandingkan dengan metode lainnya.

Bentuk persamaan Penman yang telah dimodifikasi adalah:

Eto = C . [W . Rn+(1-W) . F(U) . (ea-ed)]

Hasil perhitungan evapotranspirasi dengan Metode Penman disajikan pada Tabel 3.

4.3.3 Analisis Ketersediaan Debit

Besaran debit diperoleh dari besarnya curah hujan yang jatuh di DAS Sungai Salak, sehingga menghitung debit, data utamanya adalah curah hujan di stasiun pencatat curah hujan, yaitu stasiun Bungur.

4.3.4 Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi adalah besarnya kebutuhan air yang diperlukan. Besarnya kebutuhan air ini ditetapkan dengan memperhitungkan besarnya kebutuhan air efektif, evaporasi, perkolasi, efisiensi irigasi, dan sebagainya. Selanjutnya perhitungan hujan efektif mengambil data curah hujan pada stasiun Bungur, dikarenakan stasiun Bungur berada pada jarak ± 5 km dari kolam Rantau Baru sehingga dapat mewakili wilayah curah hujan pada areal pertanian yang akan dilayani pemberian air seluas 20 ha.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Evapotranspirasi Metode Penman

Bulan	Data	Eto (mm)
Januari	I	54.32
	II	60.57
Februari	I	59.62
	II	52.24
Maret	I	59.78
	II	65.93
April	I	61.94
	II	62.07
Mei	I	55.1
	II	59.47
Juni	I	56.49
	II	57.75
Juli	I	56.43
	II	69.24
Agustus	I	69.95
	II	74.12
September	I	72.32
	II	68.99
Oktober	I	69.38
	II	70.26
Nopember	I	60.69
	II	57.31
Desember	I	53
	II	58.82
Eto Tahunan	(mm/tahun)	1485.78

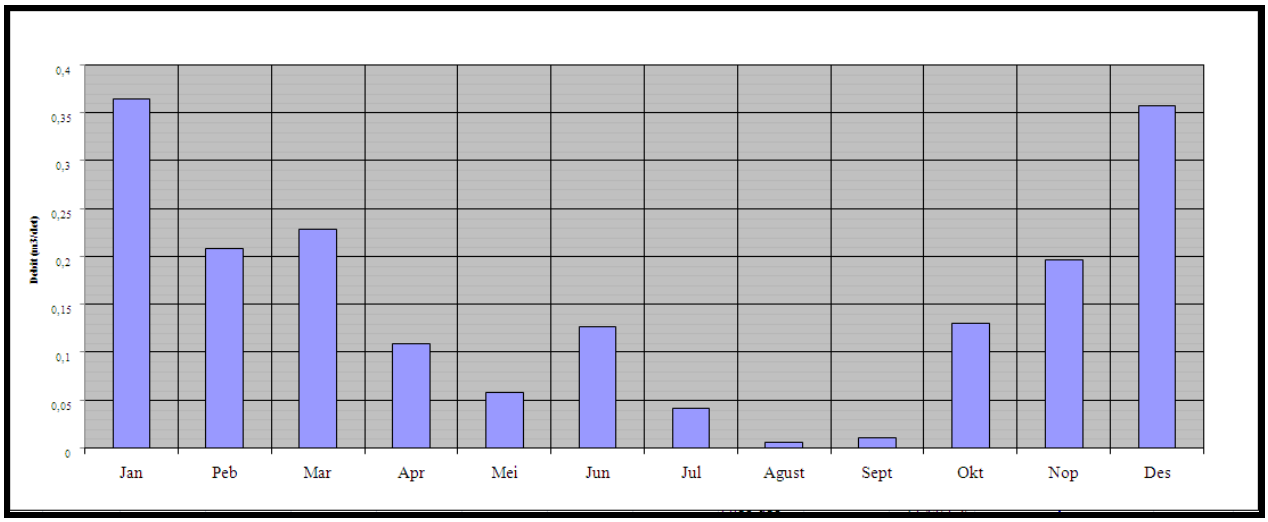
(Sumber: Hasil perhitungan)

Tabel 4. Hasil Perhitungan Debit Rata-rata Sungai Salak (mm/detik)

Tahun	Bulan												Jumlah
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sept	Okt	Nop	Des	
1996	0,057	0,029	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	0,097	0,092	0,318
1997	0,231	0,095	0,046	0,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,275	0,722	1,435
1998	0,793	0,205	0,223	0,075	0,142	0,160	0,260	0,142	0,063	0,276	0,317	0,393	3,049
1999	0,466	0,342	0,273	0,113	0,173	0,901	0,108	0,012	0,000	0,271	0,249	0,345	3,253
2000	0,301	0,097	0,251	0,154	0,060	0,047	0,000	0,000	0,012	0,051	0,224	0,309	1,505
2001	0,287	0,178	0,291	0,218	0,000	0,068	0,000	0,000	0,000	0,248	0,297	0,354	1,941

2002	0,401	0,106	0,243	0,176	0,014	0,094	0,000	0,000	0,000	0,050	0,239	0,222	1,543
2003	0,341	0,321	0,197	0,113	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,029	0,088	0,295	1,413
2004	0,454	0,291	0,224	0,082	0,086	0,000	0,044	0,000	0,000	0,000	0,102	0,636	1,920
2005	0,345	0,423	0,542	0,111	0,101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,321	0,102	0,241	2,187
Jumlah	3,674	2,087	2,290	1,086	0,585	1,270	0,412	0,154	0,105	1,304	1,989	3,608	18,564
Rata-rata	***0,367***	***0,209***	***0,229***	***0,109***	***0,058***	***0,127***	***0,041***	***0,015***	***0,010***	***0,130***	***0,199***	***0,361***	***1,856***

(Sumber : Hasil Perhitungan)



(Sumber : Hasil Perhitungan)

Grafik 1. Debit Rerata Bulanan Masuk Kolam Rantau Baru (Embung)

Tabel 5. Kebutuhan Air untuk Tanaman Padi di Hilir Kolam Rantau Baru

Bulan		$Q_{Setengah\ Bulanan}$	$Q_{Rata\text{-}rata\ Bulanan}$	Volume Air
		m^3/dt	m^3/dt	m^3
Oktober	1	0,021	0,028	75494,533
	2	0,035		
November	1	0,056	0,049	125893,65
	2	0,041		
Desember	1	0,026	0,027	71072,588
	2	0,027		
Januari	1	0,021	0,001	26967,469
	2	0,000		
Februari	1	0,021	0,029	70392,449
	2	0,037		
Maret	1	0,059	0,051	136316,461
	2	0,042		

April	1	0,033	0,032	82644,267
	2	0,03		
Mei	1	0,028	0,027	71055,396
	2	0,025		
Juni	1	0,023	0,012	30066,489
	2	0,000		
Juli	1	0,000	0,000	0,000
	2	0,000		
Agustus	1	0,000	0,000	0,000
	2	0,000		
September	1	0,000	0,000	0,000
	2	0,000		
Jumlah Volume Air				689903,301

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.3.5 Keseimbangan Air (*Water Balance*)

Sebelum melakukan analisis keseimbangan air, harus diketahui terlebih dahulu besarnya potensi air dan besarnya penggunaan air yang ada. Potensi air yang dimaksud di sini adalah besarnya debit andalan yang telah direncanakan untuk daerah yang dianalisis.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan pola tanam yang umumnya dipakai oleh petani di hilir kolam Rantau Baru (Kecamatan Tapin Utara) maka didapatkan neraca-air di kolam Rantau Baru seperti yang terlihat di Tabel 6.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pada perhitungan analisis ketersediaan air dengan menggunakan metode NRECA diperoleh debit andalan ($Q_{80\%}$) Sungai Salak paling rendah pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus dan September sebesar 0,000 m_3/detik (volume air 0,000 m^3) dan paling tinggi 0,287 m^3/detik (volume air 0,767 juta m^3) pada bulan Januari, sehingga ketersediaan air di Kolam Rantau Baru totalnya sebesar 2,712 juta m^3/tahun.
2. Pada perhitungan kebutuhan air irigasi dengan menggunakan pola tanam yang umumnya dipakai petani dengan padi varietas unggul dan padi varietas lokal

Tabel 6. Neraca-Air di Kolam Rantau Baru

No	Bulan	Q Andalan (m3/dt)	Kebutuhan Irigasi (m3/dt)	Luas Areal Persawahan (Ha)	Keterangan
1	Januari	0,287	0,010	20	**OK**
2	Februari	0,097	0,029	20	**OK**
3	Maret	0,197	0,051	20	**OK**
4	April	0,075	0,032	20	**OK**
5	Mei	0,000	0,027	20	**GAGAL**
6	Juni	0,000	0,012	20	**GAGAL**
7	Juli	0,000	0,000	20	**OK**
8	Agustus	0,000	0,000	20	**OK**
9	September	0,000	0,000	20	**OK**
10	Oktober	0,029	0,028	20	**OK**
11	Nopember	0,102	0,049	20	**OK**
12	Desember	0,241	0,027	20	**OK**

(Sumber: Hasil Perhitungan)

secara keseluruhan dapat mencukupi luas areal pertanian di Hilir Kolam Rantau Baru seluas 20 Ha. Untuk padi varietas unggul dengan masa tanam selama 3 bulan, dimulai dari awal bulan November sampai dengan akhir bulan Januari, sedangkan awal bulan Oktober sampai dengan akhir bulan Oktober adalah masa penyiapan lahan, sehingga volume air yang diperlukan sebesar 0,299 juta m^3. Untuk padi varietas local (biasa) dengan masa tanam selama 4 bulan, dimulai dari awal bulan Maret sampai dengan akhir bulan Juni, sedangkan awal bulan Februari sampai dengan akhir bulan Februari adalah masa penyiapan lahan, sehingga volume air yang diperlukan sebesar 0,390 juta m^3. Dari hasil tersebut diperoleh kebutuhan air untuk lahan sawah di hilir Kolam Rantau Baru totalnya sebesar 0,689 juta m^3/tahun.

3. Pada Perhitungan Neraca air secara umum kondisi keseimbangan neraca air di Kolam Rantau Baru dalam kondisi terpenuhi. Namun pada bulan Mei dan Juni mengalami kegagalan dengan nilai debit andalan ($Q_{80\%}$) sebesar 0,000 m^3/detik merupakan dua bulan yang memiliki debit paling rendah dibandingkan bulan lainnya, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk menjaga muka air di Kolam Rantau Baru tetap, walaupun ada pengurangan akibat evapotranspirasi dan infiltrasi.

5.2 Saran

Karena keseimbangan neraca air (*water balance)* mengalami kegagalan pada bulan Mei dan Juni, maka ada beberapa pilihan yang bisa dipertimbangkan untuk menanggulangi masalah ini, yaitu:

1. Melakukan modifikasi dalam pola tanam. Melakukan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
2. Agar kondisi kolam tetap terjaga, perlu dilakukan perawatan pada dasar kolam, sebab biasanya kolam mengalami pengendapan (lumpur) yang dapat mengurangi kedalaman kolam, sehingga kapasitas volume air di kolam juga berkurang. Jadi jika terjadi pendangkalan kolam akibat endapan (lumpur) perlu dilakukan pengerukan kembali.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2006, *Laporan Akhir Identifikasi Masalah Pengelolaan Sumber Daya Air di Pulau Jawa*, Direktorat Pengairan dan Irigasi, Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Jakarta.

Anonim, 2007, *Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan (RTBL) Rantau Baru*, Pemerintah Kabupaten Tapin, PT. M. 17 Engineering, Rantau.

Anonim, 2008, *Rencana Kawasan Terpadu Kota Rantau Baru*,Universitas Lambung Mangkurat Fakultas Teknik, Banjarbaru.

Anonim, 2009, *Pedoman Teknis Konservasi Air Melalui Pembangunan Embung/Dam Parit*, Direktorat Pengelolaan Air, Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air, Departemen Pertanian, Jakarta.

Anonim 1, 2015, *Kabupaten Tapin*, http://www.tapinkab.go.id, Diakses tanggal 26 Januari 2015.

Anonim 2, 2015, *Kabupaten Tapin*, http://www.wikipedia.co.id/kabupatentapin/, Diakses tanggal 26 Januari 2015.

Anonim 3, 2015, *Siklus Hidrologi*, http://www.physicalgeography.net/physgeoglos/, Diakses tanggal 11 Maret 2015.

Azhari, M.N, 2008, *Studi Model Alokasi Air Waduk Ir. P. M. Noor di Kalimantan Selatan*, Tesis mahasiswa Program Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Cuarsa Isep, 2007, *Kajian Neraca Sumberdaya Air Kabupaten Subang*, Tesis mahasiswa Program Studi Magister Perencanaan Wilayah dan Kota Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Doorenbos, J. dan Pruitt, W.O., 1977, *Guidelines for Predicting Crop Water Requirements*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Gomeks, J, 2007, *Kajian Ketersediaan Air pada Bendungan Raknamo (Rencana) di Kabupaten Kupang Prop. Nusa Tenggara Timur*, Tesis mahasiswa Program Studi Magister Pengembangan Sumber Daya Air Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Irianto, G.S, 2007, *Pedoman Teknis Konservasi Air Melalui Pengembangan Embung*, Direktorat Pengelolaan Air, Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air, Departemen Pertanian, Jakarta.

Kasiro I, dkk, 1994, *Pedoman Kriteria Desain Enbung Kecil untuk Daerah Semi Kering di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

Pelita, R.N, 2007, *Kajian Potensi Sungai Jompi untuk Penyediaan Air Baku di Kota Raha Kabupaten Muna Provinsi Sulawesi Tenggara*, Tesis mahasiswa Program Studi Magister Pengembangan Sumber Daya Air Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Riady, F, 2009, *Tinjauan Ketersediaan Air di Polder Alabio Kabupaten Hulu Sungai Utara*. Skripsi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

Sri Harto, 1993, *Analisa Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Sudaryoko, Y, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP – 01*, Cetakan I, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Pengairan, Jakarta
.

Triatmodjo, B, 2009, *Hidrologi Terapan*, PT. Beta Offset, Yogyakarta.