

Analisis Neraca Air Sungai Tondano dan Optimalisasi Pemanfaatannya

Dewi Martina Megasari Susilo¹, Jeffrey Sumarauw², Liany Amelia Hendratta³

¹⁾ Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

^{2),3)} Staf Pengajar Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

e-mail: dewisusilo87@rocketmail.com

ABSTRACT

Water is an essential natural resource, much needed by humans and other living beings. It is transformed through the hydrological cycle. As a hydrological system, the Tondano River receives input in the form of rainfall and then processes it according to its characteristics into flow. The infiltrated water will rise again by the capillary force, moving horizontally as an interflow or vertically percolating to the aquifer layer that also flows as the baseflow. Water which is not restrained at ground level and also not infiltrated will become overland flow. In the end these three streams will enter the river as a stream / river flow. Thus the river is a joint point between overland flow, interflow, baseflow and rainwater that directly fall on the river body.

In line with the increasing number of population and the development of economy and industry, there is also increasing demand for water for various purposes (mainly for domestic, urban and industrial, irrigation, electricity, tourism and environment). On the other hand, the availability of water is still fixed so that the conflict of interest in water consumption has begun. This situation if allowed to drag on will interfere with people's life and national development in general. To anticipate this, it is necessary to manage water distribution at river level or even between river areas, comprehensively and integrated. Given the complexity of this water allocation system, the assistance of a computer model for water allocation, which is not only used in the planning stage, but also operationalally to assist water managers as a decision support system.

Water balance analysis is a part of water resource development activities, while water balance is a general description of the condition of water availability and its allocation in an area in the last 10 years. Water balance analysis is useful in the prevention of drought in the dry season. Tondano river basin consists of several rivers. This study aims to determine the amount of water availability and water demand and optimization of its utilization in the river tondano

Optimization and water allocation in this study using secondary data in the form of debit mainstay and wide catchment area with software DSS ribasim

Results revealed that: - total water demand in Tondano River 1.38 m³ / sec.; total water availability in Tondano River is 0.93 m³ / sec.; The need for water and its allocation is for Irrigation Area, PLTA, PDAM.; Irrigation area is 100% fulfilled for DI Noongan, DI Kulo, DI Kinidow, IN Doud Sukur and DI Ranoweleng.; Hydroplases of 774% of old tonsea, PLTA Tanggari 1 of 61.2%, PLTA Tanggari 2 by 47%; PDAM Tondano at 100% availability, Manado PDAM at 100% availability.

Keywords: *water Balance, Tondano river , DSS ribasim, water availability, water demand*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam esensial, yang sangat dibutuhkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Dengan air, maka bumi menjadi planet dalam tata surya yang memiliki kehidupan (Kodoatie dan Sjarief, 2010). Air bertransformasi melalui daur hidrologi. Sebagai sistem hidrologi, Sungai Tondano menerima input berupa curah hujan kemudian memprosesnya sesuai dengan karakteristiknya menjadi aliran. Hujan yang jatuh akan jatuh pada permukaan vegetasi, permukaan tanah atau badan air (Triatmodjo, 2009). Sebagian besar hujan yang jatuh akan kembali ke atmosfer melalui evaporasi dan transpirasi. Hujan yang mencapai permukaan tanah sebagian akan tertahan di permukaan tanah dan sebagian lagi akan terinfiltrasi. Air yang terinfiltrasi akan naik ke permukaan lagi oleh gaya kapilaritas, bergerak secara horizontal sebagai *interflow* atau mengalami perkolasi secara vertikal ke lapisan akuifer yang juga mengalir sebagai *baseflow*. Air yang tidak tertahan di permukaan tanah dan juga tidak terinfiltrasi akan menjadi *overlandflow*. Pada akhirnya ketiga aliran ini akan masuk ke sungai sebagai aliran sungai/debit sungai. Dengan demikian sungai merupakan titik gabungan antara *overlandflow*, *interflow*, *baseflow* dan air hujan yang langsung jatuh pada badan sungai.

Perencanaan pengembangan wilayah sungai merupakan suatu proses perencanaan secara spasial dan temporal yang sangat kompleks, dan melibatkan berbagai aspek sosial dan ekonomi dalam meningkatkan produksi pangan; penyediaan

air baku untuk rumah-tangga, perkotaan dan industri, energi, lingkungan, kesehatan, dan lainnya.

Sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya perekonomian dan industri, maka semakin meningkat pula kebutuhan akan air untuk berbagai keperluan (terutama untuk domestik, perkotaan dan industri, irigasi, listrik, wisata dan lingkungan). Di lain pihak ketersediaan air jumlahnya tetap sehingga sudah mulai terasa adanya *conflict of interest* dalam hal pemakaian air. Situasi ini jika dibiarkan berlarut-larut akan dapat mengganggu kehidupan masyarakat dan pembangunan nasional pada umumnya. Untuk mengantisipasi hal ini maka perlu dilakukan pengelolaan distribusi air pada tingkat wilayah sungai atau bahkan antar wilayah sungai, secara komprehensif dan terpadu. Mengingat kompleksnya sistem alokasi air ini, maka diperlukan bantuan dari suatu model komputer untuk alokasi air, yang tidak hanya digunakan pada tahap perencanaan, akan tetapi juga secara operasional untuk membantu para pengelola air sebagai suatu *decision support system* (sistem pendukung pengambilan keputusan).

Air Sungai Tondano banyak dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari diantaranya air baku, listrik, perikanan dan daerah pariwisata. Sehingga harus di analisis kebutuhan air berdasarkan pemanfaatannya, salah satu fenomena degradasi sistem hidrologi adalah terjadinya kekeringan baik kekeringan meteorologis, hidrologi dan pertanian. Penyebab dari kekeringan ini dapat berupa penyimpangan musim, tipe iklim suatu daerah, kemampuan daerah dalam menyimpan air terutama sangat erat dengan kondisi

litologis, adanya sedimentasi di reservoir seperti waduk, danau maupun rawa serta adanya peningkatan kebutuhan air untuk berbagai keperluan akibat perkembangan jumlah penduduk dan kegiatan ekonomi yang pesat (Triatmodjo, 2009).

Informasi ini sangat penting untuk menunjang perencanaan pengelolaan Sungai Tondano yang lebih baik, sehingga dapat ditentukan kegiatan-kegiatan yang dapat menyeimbangkan antara ketersediaan dan kebutuhan, bahkan diharapkan mampu meningkatkan cadangan air. ketersediaan air tercukupi, atau sudah kritis bahkan sangat kritis, dapat diketahui berdasarkan Neraca Keseimbangan Air.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketersediaan dan kebutuhan air serta pemanfaatannya di Sungai Tondano.

Manfaat penelitian ini adalah untuk penataan dan penggunaan air sungai dengan memperhatikan semua kepentingan baik pengguna yang berada di hulu, di tengah, maupun yang berada di hilir sungai

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam siklus hidrologi terdapat hubungan antara masukan air total dengan keluaran air total yang dapat terjadi pada suatu Daerah Aliran Sungai. Hubungan itu umumnya disebut dengan neraca air. Konsep neraca air pada dasarnya menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia di, dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu. Secara umum persamaan neraca air (Sri Harto Br., 2000) dirumuskan dengan:

$$I = O \pm \Delta S$$

dengan: I = masukan (inflow)

O = keluaran (outflow)

ΔS = Perubahan Tampunguan (change of storage)

Ketersediaan Air Hujan Ketersediaan air hujan yang dimaksud adalah volume air

hujan rata-rata tahunan pada Sungai Tondano yang dihitung guna mengetahui berapa sebenarnya volume air rata-rata tahunan yang diterima sistem hidrologi pada Sungai tondano. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut sebagai curah hujan daerah dan dinyatakan dalam mm (Sosrodarsono, 1980 :27). Dalam analisa ini untuk perhitungan hujan kawasan memakai metode Poligon Thiessen dan untuk peluang memakai metode Weibul

$$P80 = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

dengan:

P = Curah hujan yang terjadi dengan tingkat kepercayaan 80%

m = Nomor unit (ranking)

n = Jumlah data

Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya resiko kegagalan tertentu yang dapat dipakai untuk keperluan diantaranya (seperti irigasi, air minum, PLTA dan lain-lain) sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan. Jika ditetapkan debit andalan sebesar 80% berarti akan dihadapi resiko adanya debit-debit yang lebih kecil dari debit andalan sebesar 20% pengamatan (Anonim, 1986:79). Menurut pengamatan besarnya keandalan yang diambil untuk penyelesaian optimum penggunaan air di beberapa macam proyek adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987:214), seperti tersaji pada Tabel 1

Tabel 1. Besarnya keandalan Debit untuk berbagai keperluan

Kebutuhan	Debit Andalan (%)
Air Minum	99
Air irigasi	95 – 98
Air irigasi	
- Daerah beriklim setengan lembab	70 – 85
- Daerah beriklim kering	80 – 95
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	85 – 90

(Sumber Soemarto, 1987:214)

ketersediaan air dapat diperkirakan dengan cara sebagai berikut:

1. Debit andalan berdasar data debit Prosedur analisis debit andalan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan data. Apabila terdapat data debit dalam jumlah cukup panjang, maka analisis ketersediaan air dapat dilakukan dengan melakukan analisis frekuensi terhadap data debit tersebut. Untuk mendapatkan ketersediaan air di suatu stasiun diperlukan debit aliran yang bersifat runtut (time series), misalnya data debit harian sepanjang tahun selama beberapa tahun.
2. Penurunan data debit berdasarkan data hujan. Apabila data debit tidak tersedia analisis ketersediaan air dapat dilakukan dengan menggunakan model hujan aliran. Di suatu Daerah Aliran Sungai pada umumnya data hujan tersedia dalam jangka waktu panjang, sementara data debit adalah pendek. Untuk itu dibuat hubungan antara data debit dengan data hujan dalam periode waktu yang sama, selanjutnya berdasarkan hubungan tersebut dibangkitkan data debit berdasarkan data hujan yang tersedia, dengan demikian akan diperoleh data debit dalam periode waktu yang sama dengan data hujan. Ada beberapa metode untuk mendapatkan hubungan antara data debit dan data hujan, diantaranya adalah model regresi, model Mock dan sebagainya (Bambang Triatmodjo : 2008).

Kebutuhan Air

1. **Kebutuhan Air Irigasi (Qirigasi)** Kebutuhan air irigasi sebagian besar dicukupi dari air permukaan. Kebutuhan air irigasi dipengaruhi berbagai faktor seperti klimatologi, kondisi tanah, koefisien tanaman, pola tanam, pasokan air yang diberikan, luas daerah irigasi, efisiensi irigasi, penggunaan kembali air drainase untuk irigasi, sistem penggolongan, jadwal tanam dan lain-lain.
2. **Kebutuhan Air Domestik (Qdomestik)** Kebutuhan air penduduk dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang ada di daerah tersebut (Tabel 2). Faktor utama menentukan kebutuhan air penduduk adalah dengan mengetahui jumlah dan pertumbuhan penduduk. Untuk hal tersebut perlu dilakukan analisis untuk memperkirakan jumlah penduduk pada beberapa tahun mendatang. Adapun cara perhitungan tersebut adalah menggunakan Pertumbuhan Geometri (Geometric Rate of Growth): $P_n = P_0 \cdot (1 + r)^n$ dengan: $P_n =$

Jumlah penduduk pada tahun ke n $P_0 =$ Jumlah penduduk pada awal tahun $r =$ Angka pertumbuhan penduduk (%) $n =$ Interval waktu (tahun) Tabel 2. Standar Kebutuhan Air Penduduk Sumber: DPU Cipta Karya, 1984

3. **Kebutuhan Air Peternakan (Qpeternakan)** Kebutuhan air peternakan dihitung berdasarkan jumlah dan jenis ternak yang ada di daerah tersebut dengan tingkat kebutuhan air masing-masing jenis ternak. Faktor utama menentukan kebutuhan air peternakan adalah dengan mengetahui jumlah dan laju pertumbuhan ternak. Untuk hal tersebut perlu dilakukan analisis untuk memperkirakan jumlah ternak pada beberapa tahun mendatang.
4. **Kebutuhan Air Perikanan (Qperikanan)** Kebutuhan air perikanan dihitung berdasarkan luas kolam/tambak yang ada di daerah tersebut dengan standar kebutuhan air perikanan. Faktor utama menentukan kebutuhan air perikanan adalah dengan mengetahui laju pertumbuhan luas kolam/tambak.
5. **Kebutuhan Air Industri (Qindustri)** Untuk wilayah yang tidak diperoleh data penggunaan lahan industri, kebutuhan air industri dihitung dengan menggunakan persamaan linear. Standar yang digunakan adalah dari Direktorat Teknik Penyehatan, Dirjen Cipta Karya DPU yaitu kebutuhan air untuk industri diambil sekitar 10% dari konsumsi air domestik (Bambang Triatmodjo, 2008:323).
6. **Kebutuhan air total (Qtotal)** Kebutuhan air total dapat diperoleh dengan menjumlah kebutuhan air dari berbagai peruntukan $Q_{total} = Q_{dom} + Q_{irig} + Q_{ptrnk} + Q_{prkn} + Q_{industri}$ dengan: $Q_{total} =$ Kebutuhan air total (juta m³). $Q_{dom} =$ Kebutuhan air domestik (juta m³). $Q_{irig} =$ Kebutuhan air irigasi (juta m³). $Q_{ptrnk} =$ Kebutuhan air untuk peternakan (juta m³). $Q_{prkn} =$ Kebutuhan air untuk perikanan (juta m³). $Q_{industri} =$ Kebutuhan air industri (juta m³)

Analisis Neraca Air Metode Thorthwaite Mather

Neraca air (*water balance*) merupakan neraca masukan dan keluaran air disuatu tempat pada periode tertentu, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui jumlah air tersebut kelebihan (*surplus*) ataupun kekurangan (*defisit*).

Kegunaan mengetahui kondisi air pada surplus dan defisit dapat mengantisipasi bencana yang kemungkinan terjadi, serta dapat pula untuk mendayagunakan air sebaik-baiknya. Manfaat secara umum yang dapat diperoleh dari analisis neraca air antara lain:

1. Digunakan sebagai dasar pembuatan bangunan penyimpanan dan pembagi air serta saluran-salurannya. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang defisit air.
2. Sebagai dasar pembuatan saluran drainase dan teknik pengendalian banjir. Hal ini terjadi jika hasil analisis neraca air didapat banyak bulan-bulan yang surplus air.
3. Sebagai dasar pemanfaatan air alam untuk berbagai keperluan pertanian seperti sawah, perkebunan, dan perikanan.

Model neraca air cukup banyak, namun yang biasa dikenal terdiri atas tiga model antara lain:

1. Model Neraca Air Umum Model ini menggunakan data klimatologis dan bermanfaat untuk mengetahui berlangsungnya bulan-bulan basah (jumlah curah hujan melebihi kehilangan air untuk penguapan dari permukaan tanah atau evaporasi maupun penguapan dari sistem tanaman atau transpirasi, penggabungan keduanya dikenal sebagai evapotranspirasi).

2. Model Neraca Air Lahan Model ini merupakan penggabungan data klimatologis dengan data tanah terutama data kadar air pada Kapasitas Lapang (KL), kadar air tanah pada Titik Layu Permanen (TLP), dan Air Tersedia ($WHC = \text{Water Holding Capacity}$).

- a. Kapasitas lapang adalah keadaan tanah yang cukup lembab yang menunjukkan jumlah air terbanyak yang dapat ditahan oleh tanah terhadap gaya tarik gravitasi. Air yang dapat ditahan tanah tersebut akan terus-menerus diserap akar tanaman atau menguap sehingga tanah makin lama makin kering.

- b. Titik layu permanen adalah kondisi air tanah dimana akar-akartanaman tidak mampu lagi menyerap air tanah, sehingga tanaman layu.

- c. Air tersedia adalah banyaknya air yang tersedia bagi tanaman yaitu selisih antara kapasitas lapang dan titik layu permanen.

3. Model Neraca Air Tanaman

Model ini merupakan penggabungan data klimatologis, data tanah dan data tanaman.

Neraca air ini dibuat untuk tujuan khusus pada jenis tanaman tertentu. Data tanaman yang digunakan adalah data tanaman pada komponen keluaran dari neraca air.

Dalam penelitian ini neraca air yang digunakan adalah Model Neraca Air Umum.

Kebutuhan air

1. Kebutuhan Air untuk Penduduk/domestik dan Ternak

Kebutuhan air untuk penduduk di daerah penelitian diperkirakan tiap orang sebesar 170 liter/hari untuk perkotaan, dan 100 liter/hari untuk perdesaan. Ternak besar membutuhkan air sebanyak 40 liter/hari/ternak. Ternak kecil membutuhkan air sebanyak 3 liter/hari/ternak dan unggas membutuhkan air sebanyak 0.6 liter/hari/ternak (Triatmodjo, 2009 dengan modifikasi).

2. Kebutuhan Air Irigasi

sebagian besar dipasok oleh air permukaan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti klimatologi, kondisi tanah, koefisien tanaman, pola tanam, pasokan yang diberikan, luas daerah irigasi, efisiensi irigasi, jadwal tanam dan lain-lain. Kebutuhan air untuk sawah irigasi ditetapkan 1 liter/detik/ha. Angka ini bila dikonversi dalam mm menjadi 1200 mm/ tahun, jika sawah tersebut hanya sekali panen dalam satu tahun. Jika dua kali panen dalam satu tahun maka kebutuhan airnya menjadi 2400 mm/tahun. Jika pada lahan tersebut diselingi palawija (1 kali padi dan 1 kali palawija) maka kebutuhan airnya menjadi 2000 mm/th (Dumairi, 1992).

3. Kebutuhan Air di Tegalan/Kebun

Komposisi tanaman di lahan tegal pada umumnya adalah kacang tanah, jagung, dan singkong. Kacang tanah dan jagung biasanya dapat dua kali panen (musim tanam I dan II). Pada musim tanam III biasanya hanya tanaman singkong yang ada. Kebutuhan air pada komposisi jenis tanam yang demikian diperkirakan sebesar 1200 mm/tahun (Dumairi, 1992).

Sifat fisik tanah dan hubungannya dengan kelembaban tanah, dapat digunakan sebagai salah satu dasar pengambilan keputusan untuk manajemen lahan. Tekstur dan struktur tanah sangat mempengaruhi infiltrasi air,

permeabilitas, dan kapasitas air. Tekstur tanah terdiri atas komposisi tanah dalam proporsi partikel kecil, menengah, dan besar (tanah liat, lumpur, dan pasir) masing-masing dalam suatu massa tanah tertentu. Sebagai contoh, tanah yang kasar adalah pasir atau pasir lempung, tanah menengah adalah lempung, lempung lanau, atau lumpur, dan tanah halus adalah tanah liat berpasir, liat berdebu, atau tanah liat. Struktur tanah berdasarkan penyusunan partikel tanah (pasir, lanau, dan lempung) menjadi unit-unit stabil yang disebut agregat. Agregat dapat menjadi longgar dan gembur, atau dapat berbentuk tertentu, pola yang seragam. Sebagai contoh, struktur butiran longgar dan gembur, struktur gumpal dengan struktur bersisi enam dan dapat memiliki sisi miring atau bulat, dan partikel berlapis-lapis dan mungkin menunjukkan masalah pemadatan.

Infiltrasi air adalah pergerakan air dari permukaan tanah ke dalam profil tanah. Tekstur tanah, struktur tanah, dan kemiringan memiliki dampak terbesar pada laju infiltrasi. Air bergerak oleh gravitasi ke dalam ruang pori terbuka dalam tanah, dan ukuran partikel tanah dan jarak mereka menentukan berapa banyak air dapat mengalir masuk pori-pori, lebar jarak di permukaan tanah menambah laju resapan air, tanah begitu kasar memiliki lebih tinggi tingkat infiltrasi dari tanah yang baik.

Permeabilitas menunjuk pada pergerakan udara dan air melalui tanah, yang penting karena mempengaruhi suplai akar-zone udara, kelembaban, dan nutrisi yang tersedia untuk penyerapan tanaman. Air dan udara dengan cepat menyerap tanah kasar dengan subsoils granular, yang cenderung longgar ketika lembab dan tidak membatasi gerakan air atau udara. Permeabilitas lambat adalah karakteristik lapisan tanah cukup baik dengan sudut struktur gumpal sub angular.

Kapasitas air dikendalikan terutama oleh tekstur tanah dan bahan organik. Tanah dengan partikel yang lebih kecil (lanau dan lempung) memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan partikel pasir yang lebih besar, dan luas permukaan besar memungkinkan tanah untuk menahan lebih banyak air. Dengan kata lain, tanah dengan

persentase yang tinggi dari partikel lumpur dan tanah liat, yang menggambarkan tanah halus, memiliki kapasitas menyimpan air tinggi.

Ketersediaan air diilustrasikan dengan tingkat air di lapisan tanah yang berbeda. Kelebihan air atau gravitasi mengalir cepat dari tanah setelah hujan berat karena gaya gravitasi (titik jenuh dengan kapasitas lapangan) (Ig. L. Setyawan Purnama dkk : 2012). Tanaman dapat menggunakan sejumlah kecil air ini sebelum bergerak keluar dari zona akar. Air yang tersedia masih dipertahankan dalam tanah setelah kelebihan telah dikeringkan (kapasitas lapang untuk titik layu). Air ini adalah yang paling penting untuk tanaman atau produksi hijauan. Air tersedia adalah kelembapan tanah yang dipegang begitu erat dengan tanah yang tidak dapat diekstraksi oleh tanaman. Air tetap dalam tanah bahkan di bawah titik layu tanaman.

DSS-Ribasim

DSS- Ribasim merupakan salah satu model alokasi air yang dapat digunakan pada tahap perencanaan pengembangan sumberdaya air, maupun secara operasional untuk membantu pengambilan keputusan taktis (misalnya sebagai sarana negosiasi operasi beberapa waduk, atau pemberian ijin pengambilan air industri) (Hatmoko : 2017). Model ini dikembangkan oleh Delft Hydraulic dari Negeri Belanda sejak tahun 1985. Model yang konsep dasarnya diilhami oleh model MITSIM dari Amerika Serikat) ini telah digunakan pada lebih dari 20 negara di dunia.

Sejarah Perkembangan DSS-Ribasim

Bermula dari versi komputer *mainframe*, seiring dengan berkembangnya Personal Computer (PC), Ribasim dikembangkan pada PC sejak tahun 1985. Program ini semula dibuat dengan bahasa Fortran dari Digital Research, kemudian beralih pada RM-Fortran, dan akhirnya Microsoft-Fortran versi 5.1. Secara konsep, penyempurnaan yang cukup berarti terjadi pada kurun waktu 1985-1988 di Proyek BTA-155 di Indonesia, dimana pemikiran para konterpart dalam negeri turut berkontribusi secara signifikan.

Sejak Ribasim diperkenalkan pada tahun 1985 sampai dengan 1996, perlu diakui bahwa model

ini masih sulit dioperasikan atau belum *user-friendly*. Hal ini mendorong para peneliti Puslitbang Pengairan untuk menambah beberapa program modul pembantu dari Ribasim, antara lain Program PISDA (Penyajian Informasi Sumber Daya Air) untuk penyusunan, penyuntingan dan penyajian skematisasi sistem tata air (Hatmoko, 1993).

Pada tahun 1997 mulai diperkenalkan DSS-Ribasim versi 6 yang sudah nyaman dioperasikan dan bekerja dibawah sistem operasi Windows 95. Komponen simulasi wilayah sungai tetap dalam bahasa Fortran, akan tetapi *user-interface* dilengkapi dengan Visual Basic pada Windows 95.

Komponen Model

Model DSS-Ribasim versi 6 ini terdiri atas beberapa komponen, yang dikendalikan oleh sebuah *interface* yang menunjukkan lokasi geografis. Adapun komponen-komponen model antara lain adalah sebagai berikut:

Sungai Tondano

Sungai Tondano merupakan tempat mengalirnya air ke dalam suatu sungai yang dimaksud. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang ditetapkan berdasar aliran air permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasar air bawah tanah, karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian, dalam hal ini di gunakan sungai tondano sebagai penelitian. Tikno (2003) menyatakan bahwa pengertian suatu DAS dapat diartikan sebagai suatu system ekologi atau ekosistem dimana jasad hidup dan lingkungan fisik serta kimia berinteraksi secara dinamik dan didalamnya terjadi keseimbangan dinamik antara energi dan material yang masuk dan yang keluar.

Ketersediaan Air Sungai

Perkiraan tentang ketersediaan air sungai sangat penting untuk mengetahui potensi air pada suatu Sungai, baik untuk tujuan khusus seperti perencanaan bendungan, keperluan pembangkit listrik atau keperluan irigasi, maupun untuk tujuan yang lebih umum seperti pembuatan master plan konservasi sumberdaya air. Tujuan tersebut tidak akan pernah terwujud

jika air yang diperlukan tidak tersedia maupun tidak mencukupi. Oleh karena itu masalah siklus hidrologi tempat air berada pada suatu rantai yang terus berputar tanpa henti harus dipahami terlebih dahulu.

Evapotranspirasi

Peristiwa berubahnya air menjadi uap dari permukaan tanah maupun permukaan air ke udara disebut evaporasi, sedangkan transpirasi adalah peristiwa penguapan dari tanaman. Kedua-duanya bersama-sama disebut evapotranspirasi. Soemarto (1995) menyatakan bahwa jumlah kadar air yang hilang dari tanah oleh evapotranspirasi tergantung pada: a. persediaan air yang cukup (hujan, dan lain-lain), b. faktor-faktor iklim seperti suhu, kelembaban dan lain-lain, c. tipe dan cara kultivasi tumbuh-tumbuhan tersebut.

Faktor lain yang penting yaitu jumlah air yang tersedia cukup banyak, jika jumlah air selalu tersedia secara berlebihan dari yang diperlukan oleh tanaman selama proses transpirasi maka jumlah air yang ditranspirasikan akan lebih besar dibandingkan jika tersedianya air di bawah keperluan. Untuk itu evapotranspirasi yang mungkin terjadi pada kondisi air yang berlebihan disebut evapotranspirasi potensial. Sedangkan evapotranspirasi yang tetap terjadi dalam kondisi air tidak berlebihan dengan didasarkan pada jenis tanaman (nilai *crop factor*) disebut evapotranspirasi nyata.

Evapotranspirasi potensial dipengaruhi oleh faktor-faktor meteorologis, antara lain: radiasi, kelembaban, angin dan temperature (Linsley dan Franzini, 1986). Karena banyak faktor yang mempengaruhi evapotranspirasi tersebut, maka banyak peneliti untuk menghitung nilai evapotranspirasi menggunakan rumus empiris.

Limpasan (Run-Off)

Limpasan adalah semua air yang mengalir lewat suatu sungai yang bergerak meninggalkan daerah tangkap sungai tanpa memperhatikan asal/jalan yang ditempuh sebelum mencapai saluran. Terjadinya air limpasan ini merupakan gabungan dari aliran air permukaan dan aliran air tanah. Perhitungan besarnya limpasan ini bertujuan untuk mendapatkan taksiran besarnya debit sungai

(Martha dan Adidarma, 1990).

Debit Sungai

Debit atau aliran adalah volume air yang mengalir lewat suatu penampang melintang dalam alur (*channel*), pipa, akuifer, ambang dan sebagainya per satuan waktu, dalam satuan m³/detik. Debit total yang masuk ke sungai adalah penjumlahan dari debit yang berasal dari daratan dan debit yang berasal dari air hujan yang langsung jatuh ke permukaan sungai. Nilai debit rata-rata, maupun debit andalan dapat dihitung dari data debit pengamatan yang cukup panjang. Permasalahan yang kerap kali terjadi adalah bahwa data debit yang diukur tidak lengkap, yaitu banyak pengamatan yang kosong atau salah, untuk itu perlu dilakukan analisis data hidrologi untuk melengkapi data yang kosong dan memperpanjang data runtut waktu yang kurang panjang.

Kebutuhan Air

Kebutuhan manusia akan air menjadi sangat penting apabila dikaitkan dengan 4 hal, yaitu : (1) pertambahan penduduk, (2) kebutuhan pangan, (3) peningkatan industrialisasi, dan (4) perlindungan ekosistem terhadap teknologi

Semua kegiatan kehidupan manusia dari kebutuhan pangan hingga pertumbuhan industry, memerlukan air dengan jumlah yang cukup dan dengan kualitas sesuai dengan kebutuhannya. Dengan demikian air tidak hanya diperlukan sebagai bahan kebutuhan pokok untuk kehidupan, tetapi juga dipergunakan sebagai komoditi ekonomi. kebutuhan air pada umumnya digunakan manusia meliputi : (1) *domestic* (air minum, rumah tangga), (2) *non-domestic* (pelayanan kantor, perdagangan, hidran, dll), (3) irigasi pertanian, (4) peternakan, (5) perikanan, (6) pembangkit tenaga listrik dan (7) pariwisata. Semua kebutuhan air tersebut didasarkan pada proyeksi pertumbuhan penduduk dan kegiatan ekonominya.

Perkiraan air dapat membantu perencana untuk menaksir ukuran dan kapasitas jaringan pengadaan air yang ada, dan potensi pengembangannya di masa mendatang.

Kebutuhan Air Bersih

Penggunaan air bersih dapat dibagi atas dua kategori, yaitu :

(1) kebutuhan *domestic*, meliputi kebutuhan air rumah tangga (minum, mandi, cuci, dan lain-lain), dan (2) kebutuhan *non-domestic*, meliputi kebutuhan komersial dan industry serta kebutuhan umum (fasilitas pemerintah, tempat ibadah, rumah sakit, dan lain-lain), Kebutuhan air *domestic* dan *non-domestic* terkait dengan proyeksi perkembangan penduduk serta satuan kebutuhan air penduduk desa dan penduduk kota dalam satuan liter/kapita/hari dengan kriteria kebutuhan air dapat ditentukan dari potensi air yang diproduksi oleh Perusahaan Daerah Air Munum (PDAM) di daerah tersebut.

Kebutuhan Air Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan air untuk pembangkit tenaga listrik terkait dengan adanya waduk yang digunakan. Waduk tersebut harus mempunyai tampungan air yang ukurannya cukup untuk memungkinkan penampungan kelebihan air di musim hujan, dan dapat mengatur aliran air yang lebih besar daripada aliran alamiah minimum (Linsley dan Franzini, 1986).

Alokasi Air

Alokasi air merupakan suatu upaya penjatahan air yang dilakukan dengan menyediakan air sejumlah tertentu pada daerah pelayanan (*water district*) tertentu agar dapat didistribusikan secara efisien, adil dan merata kepada para pengguna air. Alokasi air dilaksanakan pada bangunan-bangunan yang bernilai strategis, seperti misalnya bangunan utama, saluran induk, serta beberapa bangunan bagi. Konsep alokasi air dapat dilakukan dengan melihat kondisi eksisting di lapangan dan dari hasil studi-studi terdahulu, yang kemungkinan sudah berjalan cukup baik. Secara teknis penentuan alokasi air untuk berbagai kebutuhan/penggunaan air didasarkan pada ketersediaan air yang ada, yang dapat ditentukan dengan prinsip optimasi. Hirarki dan alokasi air adalah sebagai berikut :

a. Apabila ketersediaan air mencukupi dibandingkan kebutuhannya, maka semua pengguna akan memperoleh jatah sesuai

kebutuhannya. b. Apabila ketersediaan air tidak mencukupi atau lebih rendah jika dibandingkan dengan kebutuhannya, maka alokasi air ditentukan berdasarkan suatu kriteria tertentu. Kriteria untuk menentukannya dapat bermacam-macam, yang antara lain dapat berupa manfaat, prioritas pengguna, nilai ekonomis, keadilan/pemerataan, serta aspek lain. Kriteria-kriteria tersebut dapat dikuantifikasikan dalam bentuk fungsi tujuan dan fungsi kendala, untuk selanjutnya dicari solusi optimum.

Software Ribasim

DSS- Ribasim merupakan salah satu model alokasi air yang dapat digunakan pada tahap perencanaan pengembangan sumberdaya air, maupun secara operasional untuk membantu pengambilan keputusan taktis (misalnya sebagai sarana negosiasi operasi beberapa waduk, atau pemberian ijin pengambilan air industri). Model ini dikembangkan oleh Delft Hydraulic dari Negeri Belanda sejak tahun 1985. Model yang konsep dasarnya diilhami oleh model MITSIM dari Amerika Serikat) ini telah digunakan pada lebih dari 20 negara di dunia.

Software ini mempunyai kelebihan tampilan interaktif, yang dapat dengan mudah memberikan informasi imbalan/alokasi air pada suatu daerah (*Water District*) dalam suatu wilayah dalam suatu wilayah sungai.

Komponen Model

Model DSS-RIBASIM terdiri atas beberapa komponen, yang dikendalikan oleh sebuah interface yang menunjukkan lokasi geografis. Adapun komponen-komponen model antara lain sebagai berikut:

1. DSS Shell merupakan program pembuka yang memadukan program-program lain.
2. Netter adalah editor jaringan skematisasi sistem tata air yang dapat digunakan secara interaktif dalam menyusun jaringan dan pemasukan data. Penyajian hasil simulasi pada setiap simpul dan ruas sungai juga ditampilkan dalam bentuk peta skematisasi ini. Skematisasi ini dilatarbelakangi oleh lapisan (layer) peta situasi wilayah yang dapat memuat lapisan kontur, kota-kota kecamatan, jaringan infrastruktur dan lainnya.
3. Case Management Tool merupakan pemberi

petunjuk dalam melaksanakan proses simulasi, sehingga masing-masing kasus simulasi dapat dikelola secara rapi. 4. Agwat adalah model perhitungan kebutuhan air irigasi. 5. Fishwat adalah model kebutuhan air perikanan. 6. Simproc adalah model simulasi wilayah sungai untuk alokasi air. 7. Wadis adalah model distrik air (*Water District*). 8. Delwaq adalah model simulasi kualitas air dari Delft Hydraulics. ODS2XLS merupakan sistem penyajian hasil simulasi secara grafis yang flexible dan dilengkapi dengan fasilitas export ke Microsoft-Excel. Model simulasi dalam sistem sumber daya air adalah teknik matematik dengan prosedur/algorithm aritmatik dan logika untuk menggambarkan perilaku dinamik sistem sumber daya air dalam rangkaian periode waktu. Secara umum langkah-langkah yang diperlukan dalam menyusun model simulasi dalam sistem sumber daya air adalah sebagai berikut

- Mendefinisikan masalah.
- Menentukan masukan (input) dan keluaran (output) model, data yang diperlukan, ketersediaan data, pemrosesan data.
- Mendeskripsikan sistem sumber daya air dan hubungan hidrologisnya serta menyusun model.
- Mendefinisikan parameter pada sistem awal, kemudian mengestimasi parameter simulasi untuk dijalankan pada simulasi pertama.
- Merencanakan kebijakan operasi sistem.
- Menyusun program komputer.
- Menjalankan program.
- Mengujimodel.

Dalam model simulasi pengaturan sumber daya air, simulasi yang sekurang-kurangnya dilakukan untuk dapat mengevaluasi hasil alternatif pola pengaturan air adalah sebagai berikut a. Simulasi tahap awal, yaitu dengan kondisi tanpa upaya pada kasus masa kini yang diperlukan untuk mengecek input data sistem dan kebenaran dijalkannya model (kalibrasi). Dalam tahap ini akan dimasukkan data ketersediaan air sebagai data water supply pada tahun tertentu yang disusun sedemikian rupa untuk memperoleh hasil keluaran model sama/mendekati kenyataan yang terjadi pada tiap periode yang sama.

b.Simulasi dengan kondisi tertentu, dimana simulasi ini akan diketahui akibat sistem kebijakan pengaturan air yang diterapkan dengan menganalisa ketersediaan air di tiap titik
 c.Simulasi-simulasi selanjutnya, yaitu menerapkan skenario-skenario kebijakan pengaturan air yang baru untuk mendapatkan hasil alokasi air yang lebih baik dan mengarah ke hasil yang optimum.

Pemodelan Simulasi Neraca Air

Model Simulasi Neraca Air adalah teknik pemodelan yang digunakan untuk menirukan dan memindahkan perilaku suatu sistem ke dalam model dalam rangkaian periode waktu. Dengan simulasi, konsekuensi dari perlakuan yang dikenakan terhadap suatu sistem dapat diketahui tanpa perlu diimplementasikan pada sistem yang sesungguhnya. Caranya dengan mengamati kejadian-kejadian dalam rangkaian waktu yang memberikan informasi penting tentang perilaku sistem. Model simulasi menunjukkan apa yang terjadi di dalam sistem jika diberi masukan tertentu, biasanya dalam berbagai skenario/alternatif operasi. Karena model simulasi tidak memerlukan fungsi matematis untuk menghubungkan variabel-variabelnya, biasanya model ini memungkinkan untuk mensimulasi sistem yang kompleks yang tidak dapat dimodelkan dan atau diselesaikan secara matematis. Dengan kata lain model ini memiliki fleksibilitas yang lebih baik dalam merepresentasi sistem.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

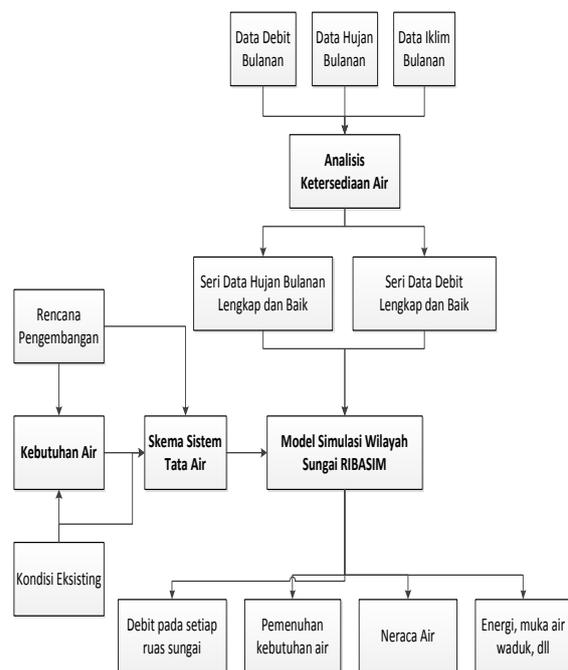
Lokasi penelitian terletak di Sungai Tondano Provinsi Sulawesi Utara, disamping itu wilayah sungainya juga ada yang melintasi Minahasa Utara

Materi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif, yaitu pendekatan yang dilakukan pada situasi lapangan penelitian yang bersifat alamiah sebagaimana adanya tanpa dimanipulasi,

terutama terhadap data yang dikumpulkan. Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis studi kasus berupa studi yang mengeksplorasi suatu masalah dengan batasan terperinci, memiliki pengambilan data yang mendalam dan menyertakan berbagai sumber informasi. Penelitian ini dibatasi oleh waktu dan tempat, dan kasus yang dipelajari berupa program, peristiwa, dan aktivitas.

Bagan Alir



Masalah Analisis Data

Selain tinjauan langsung ke lokasi dan pengumpulan data tersebut diatas, penelitian ini mengacu juga pada penyelidikan yang telah dilakukan, antara lain penelitian oleh tentang penyusunan neraca air sumberdaya alam Sungai Tondano.

Pelaksanaan Penelitian

Menguji keabsahan data peneliti menggunakan teknik triangulasi, yaitu pemeriksaan data yang memanfaatkan sesuatu yang lain diluar data untuk keperluan pengecekan atau sebagai pembanding terhadap data tersebut.

Triangulasi dilakukan melalui wawancara,

observasi langsung dan observasi tidak langsung yaitu dalam bentuk pengamatan. Sedangkan teknik pengumpulan data yang digunakan akan melengkapi dalam memperoleh data primer dan sekunder.

Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah metode statistic, yaitu serangkaian metode yang digunakan untuk mengumpulkan, menganalisa, menyajikan dan memberi makna data. Tahapan langkah menggunakan analisa data statistic adalah :

1. Menentukan masalah (untuk menjadi objek pengamatan/penelitian),
2. Mengumpulkan data,
3. Melakukan analisa, dan
4. Menyajikan hasil.

Tahap-Tahap Penelitian

Secara garis besar penelitian ini terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Peninjauan lokasi dan pengumpulan data

Mengidentifikasi adanya potensi sumber daya air di lokasi Sungai Tondano, seperti adanya irigasi, bendung, waduk, sumber air minum, air tanah, dan lain-lain.

2. Analisis Ketersediaan Air.

Menggunakan data curah hujan dan evapotranspirasi untuk menghitung debit bulanan yang terjadi serta debit andal sungai..

3. Analisis Kebutuhan Air.

Analisis dilakukan berdasarkan data kondisi eksisting yang didapat dari lapangan yang berhubungan dengan kebutuhan air. Hasil analisis tersebut akan digunakan sebagai dasar untuk menentukan rencana pengembangan selanjutnya.

4. Analisis Alokasi Air

Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* Ribasim, dimana WS LBB dibagi menjadi sejumlah *Water District* (Daerah Pelayanan Air) dengan memperhatikan pembagian wilayah hidrologi, lokasi bangunan air (bendung), dan daerah irigasi yang dilayani. Selanjutnya dilakukan analisis keseimbangan air untuk mengetahui surplus atau defisit air.

Pengertian imbalan air adalah membandingkan ketersediaan air dengan kebutuhan air sebagai fungsi ruang, waktu dan jumlah.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data meliputi sebagai berikut :

1.Reduksi Data, meliputi : integrasi, transformasi, dan mengambil kesimpulan dari data tersebut.

2.Organisasi Data, meliputi : mengumpulkan informasi yang terkait dengan judul penelitian, mengkategorisasi informasi dalam kelompok yang lebih spesifik, dan menyampaikan hasilnya dalam berbagai bentuk.

3.Interpretasi, meliputi : pengambilan keputusan dan mengidentifikasi pola pengembangan serta penjelasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1.Pada hasil Penelitian dengan Menggunakan *Software* Ribasim didapatkan Bahwa Kebutuhan akan air bisa dilihat terdapat pada gambar berikut

Perc. Index Consumt. nodename	Description	[Mcm]	[cms]	[Mcm]	[cms]
26 S. Tikala	Local consumption	0.00	0.00	0.00	0.00
15 DI Moongan	Fix. irr. extraction	2.53	0.08	35.44	
130 DI Ranoveleng	Fix. irr. extraction	0.19	0.01	2.66	
35 DI Gow	Fix. irr. extraction	2.10	0.07	29.36	
45 DI Sendow	Fix. irr. extraction	0.89	0.03	12.41	
60 DI Kulo	Fix. irr. extraction	1.05	0.03	14.76	
105 DI Kintidow	Fix. irr. extraction	0.69	0.02	9.62	
115 DI Doud sukur	Fix. irr. extraction	0.68	0.02	9.51	
155 PDM Tondano	PWS extraction	15.78	0.50	220.88	
215 PDM Manado	PWS extraction	19.56	0.62	273.89	
150 Danau Tondano	Rev. evaporation	0.00	0.00	0.00	
150 Danau Tondano	Rev. seepage	0.00	0.00	0.00	
150 Danau Tondano	Storage change (+)	8.61	0.27	120.56	

Gambar 4.1 kebutuhan air di sungai tondano

Berikut Tabel kebutuhan air :

DI Noongan	0.08
DI Ranoweleng	0.01
DI Sowa	0.07
DI Sendow	0.03
DI Kulo	0.03
DI Kinidow	0.02
DI Doud Sukur	0.02
PDAM Tondano	0.5
PDAM Manado	0.62

Berikut Tabel ketersediaan air :

PDAM Tondano	0.38
PDAM Manado	0.47
DI Noongan	0.02
DI Ranoweleng	0
DI Sowa	0.02
DI Sendow	0.01
DI Kulo	0.01
DI Kinidow	0.01
DI Doud Sukur	0.01

Pada penelitian ini tidak menggunakan data real debit dan tidak ada prediksi karena neraca air secara keseluruhan dapat dilihat pada berikut :

DI Noongan	0.08	0.02	0.06
DI Ranoweleng	0.01	0	0.01
DI Sowa	0.07	0.02	0.05
DI Sendow	0.03	0.01	0.02
DI Kulo	0.03	0.01	0.02
DI Kinidow	0.02	0.01	0.01
DI Doud Sukur	0.02	0.01	0.01
PDAM Tondano	0.5	0.38	0.12
PDAM Manado	0.62	0.47	0.15

Berikut hasil dari running Program Ribasim untuk Ketersediaan air di Sungai Tondano

Percc. Index Source nodename (%)	Description	Average [Mcm]	Average [cms]	Total [Mcm]	Total [cms]
28 S. Tikala	Var. boundary inflow	0.00	0.00	0.00	0.00
150 Danau Tondano	SW reservoir rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00
150 Danau Tondano	Storage change (-)	0.00	0.00	0.00	0.00
156 PDAM Tondano	Pws return flow	11.89	0.38	165.66	
215 PDAM Manado	Pws return flow	14.67	0.47	205.42	
15 DI Noongan	Fixed irrigation	0.76	0.02	10.63	
130 DI Ranoweleng	Fixed irrigation	0.06	0.00	0.80	
35 DI Sowa	Fixed irrigation	0.63	0.02	8.91	
45 DI Sendow	Fixed irrigation	0.27	0.01	3.72	
60 DI Kulo	Fixed irrigation	0.32	0.01	4.43	
105 DI Kinidow	Fixed irrigation	0.21	0.01	2.89	

Gambar 4.2 ketersediaan air di sungai tondano

Node Index and name (%)	Yearly average Demand (Mcm)	Yearly average Deficit (Mcm)	Yearly average Demand (m3/s)	Yearly average Deficit (m3/s)	number (-)	rate (%)	number (-)
15 DI Noongan	2.531	0.000	0.080	0.000	168	100.0	14
35 DI Sowa	2.114	0.016	0.067	0.001	165	98.2	13
45 DI Sendow	0.887	0.001	0.028	0.000	167	99.4	13
60 DI Kulo	1.055	0.000	0.033	0.000	168	100.0	14
105 DI Kinidow	0.687	0.000	0.022	0.000	168	100.0	14
115 DI Doud Sukur	0.679	0.000	0.022	0.000	168	100.0	14
130 DI Ranoweleng	0.190	0.000	0.006	0.000	168	100.0	14
Total	8.143	0.017	0.258	0.001			

Gambar 4.3 Ketersediaan Air di sungai Tondano

Untuk Optimalisasi dan alokasi Daerah irigasi terpenuhi 100% untuk DI Noongan, DI Kulo, DI Kinidow, DI Doud Sukur dan DI Ranoweleng dilihat dari hasil perhitungan dengan program DSS ribasim

Node Index and name (%)	Yearly average Demand (Mcm)	Yearly average Deficit (Mcm)	Yearly average Demand (m3/s)	Yearly average Deficit (m3/s)	number (-)	rate (%)	number (-)
15 DI Noongan	2.531	0.000	0.080	0.000	168	100.0	14
35 DI Sowa	2.114	0.016	0.067	0.001	165	98.2	13
45 DI Sendow	0.887	0.001	0.028	0.000	167	99.4	13
60 DI Kulo	1.055	0.000	0.033	0.000	168	100.0	14
105 DI Kinidow	0.687	0.000	0.022	0.000	168	100.0	14
115 DI Doud Sukur	0.679	0.000	0.022	0.000	168	100.0	14
130 DI Ranoweleng	0.190	0.000	0.006	0.000	168	100.0	14
Total	8.143	0.017	0.258	0.001			

Gambar 4.4 alokasi air untuk Daerah Irigasi

Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa untuk PLTA tonsea lama 77.4 %, PLTA tanggari sebesar 61.2%, PLTA Tanggari 2 sebesar 47%

Node Index and name (%)	Yearly average Demand (Mcm)	Yearly average Deficit (Mcm)	Yearly average Demand (m3/s)	Yearly average Deficit (m3/s)	number (-)	rate (%)	number (-)
148 PLTA Tonsea Lama	333.531	20.115	10.576	0.638	130	77.4	4
190 PLTA Tanggari 1	497.299	69.289	15.769	2.197	86	51.2	0
195 PLTA Tanggari 2	518.125	79.861	16.430	2.532	79	47.0	0
Total	1348.956	169.265	42.775	5.367			

Gambar 4.5 alokasi air untuk PLTA

Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa untuk PDAM tondano sebesar 100%, PDAM Manado sebesar 100%

Table 6. Flashpond nodes summary

No active flash pond nodes in present schematization

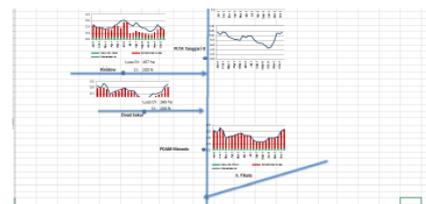
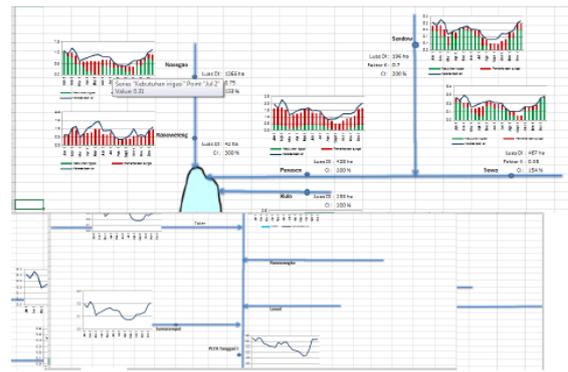
Table 7. Public water supply nodes summary

years	Number of successive	Yearly average	Success
rate failure (%)	Node index and name	Demand (Mcm)	time steps
Max. shortage (% of demand)		Deficit (Mcm)	number
		(m3/s)	rate (%)
		(m3/s)	number
100.0	155 PDAM Tondano	15.777	168
0		0.000	100.0
100.0	215 PDAM Manado	19.564	168
0		0.000	100.0
	Total	35.341	1.121
		0.000	0.000

Table 8. Low flow nodes summary

Success of	Number of suc-	Yearly average	Success
of suc-			time steps
			years

Gambar 4.5 alokasi untuk PDAM

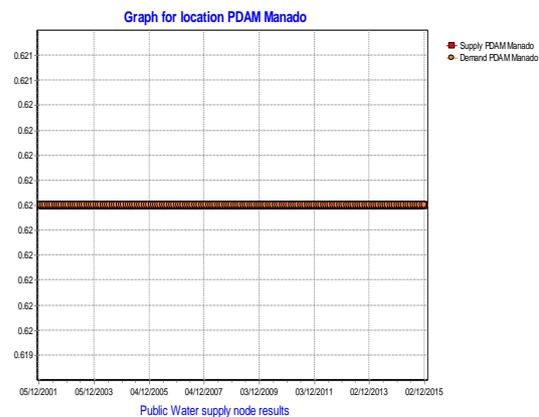


Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk PDAM Manado

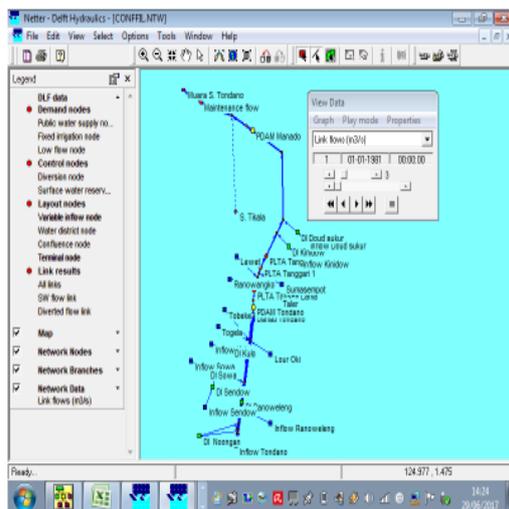
Pembahasan

1 .Data Debit yang digunakan adalah Debit Andalan (pada file excel yang tahun kering)

2. Dari data debit tersebut dan luas CA (Catchment Area) Maka Skema Sungai Tondano dapat dimodelkan dalam Software DSS Ribasim

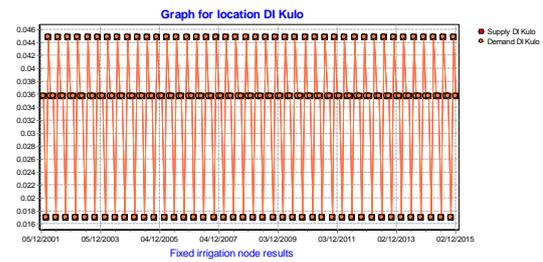
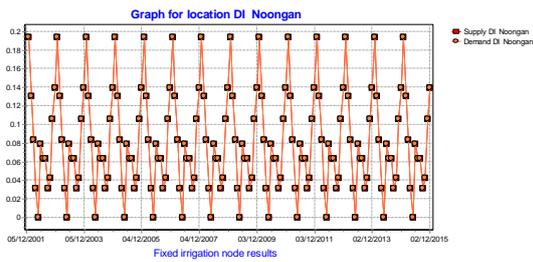


Dimana, terjadi Keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air di Titik pengamatan PDAM Manado yaitu sebesar 0.62 m3/det



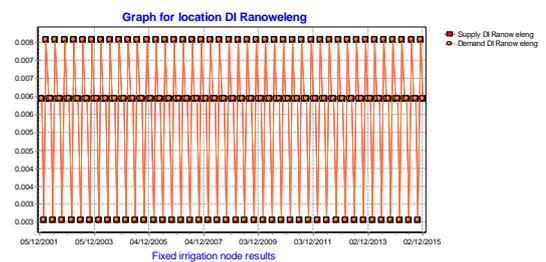
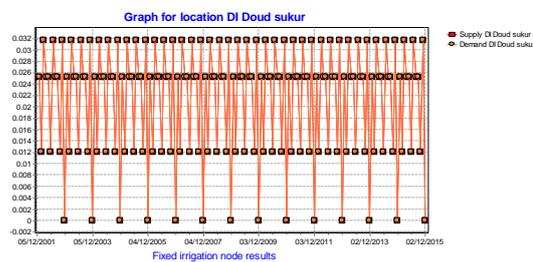
Skema Danau Tondano

1. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air DI Noongan



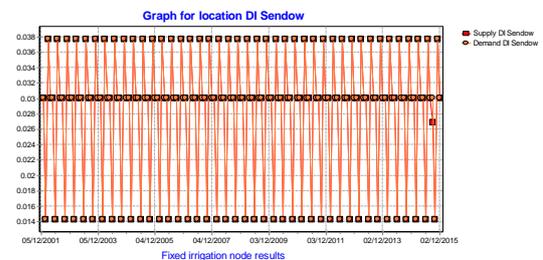
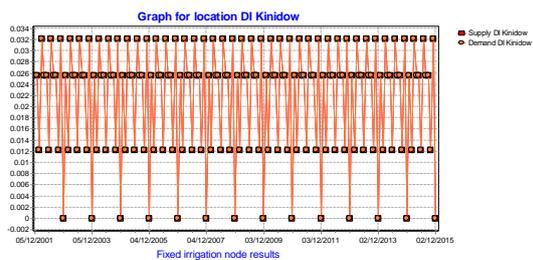
2. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air DI Doud Sukur

5. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air DI Ranoweleng



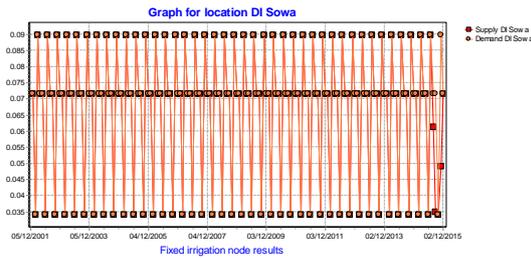
3. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air DI Kinidow

6. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air DI Sendow

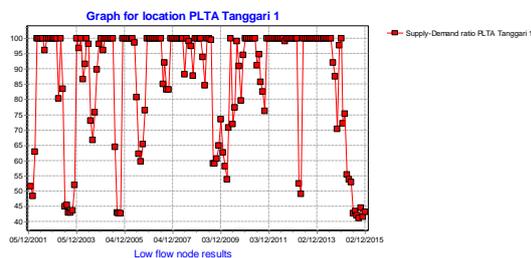


4. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air DI Kulo

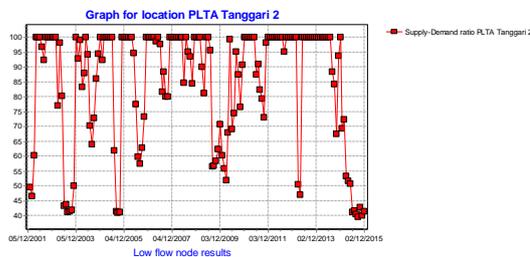
7. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air DI Sowa



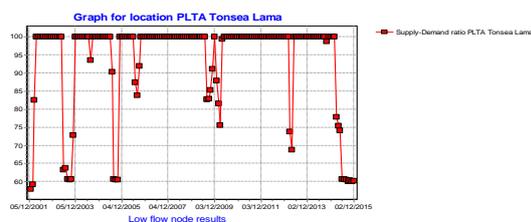
8. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air PLTA Tanggari I



9. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air PLTA Tanggari II



10. Dari Hasil Perhitungan Menggunakan Software DSS Ribasim didapati untuk grafik hubungan antara ketersediaan air dan kebutuhan air PLTA Tonsea Lama



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan total kebutuhan air keseluruhan di Sungai Tondano sebesar 1.38 m³/detik
2. Dari hasil perhitungan total ketersediaan air keseluruhan di Sungai Tondano sebesar 0.93 m³/detik.
3. Kebutuhan Akan air serta pengalokasiannya diperuntukkan untuk Daerah Irigasi, PLTA, PDAM
 - Daerah irigasi terpenuhi 100% untuk DI Noongan, DI Kulo, DI Kinidow, DI Doud Sukur dan DI Ranoweleng.
 - PLTA tonsea lama 77.4 %, PLTA Tanggari 1 sebesar 61.2%, PLTA Tanggari 2 sebesar 47%
 - PDAM tondano sebesar 100%, PDAM Manado sebesar 100%

Saran

Mengingat ketersediaan air di sungai tondano belum bisa memenuhi kebutuhan PLTA 100% maka diprioritaskan untuk daerah irigasi dan PDAM terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

Hatmoko, W., 2017. *Mengenal DSS-Ribasim Decision Support System River Basin Simulation Model*

Hatmoko, W., Sudono, I., 1998. *Perkembangan DSS Ribasim dan Wilayah Sungai di Indonesia*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XV HATHI.

Meijer, K., 2011. *River Basin Simulation Model (RIBASIM) - A Tool to support Water Resources Planning and Management*, Vallenar Deltares

Marta, W. H., dan W. Adidarma., 1990. *Mengenal Dasar-Dasar Hidrologi*. Penerbit Nova.

Soemarto, C.D., 1995. *Hidrologi Teknik*. Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.

Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Tikno., S., 2003. *Penanganan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Pada Era Otonomi Daerah*. Jurnal Teknik Hidraulik Volume 1.