

Kajian Ketersediaan Air di DAS Sangkub Untuk Berbagai Perkembangan Di Kecamatan Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara

Vivianne Panelewen¹, Soekarno², 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: viviannepalenewen@yahoo.com

ABSTRACT

The utilization of water resources as material for the provision of raw water and for the provision of clean water were continues to increase from year to year in line with the development of population, industrial development and the development of settlements within a region. Sangkub Sub-district is one of the developing sub-districts in North Bolaang Mongondow District, among others irrigation areas (DI) which continue to develop for the former land of forests, plantation of fields, all the land as potential land, now had turned into functional areas, such as rice fields, fishery and livestock, where formerly this areas are or in the form of forest, now has turned into transmigration settlement area, where lands originally in the form of plantation and now had turned into urban settlement area. The initial activities of the community which originally farm coconut plantations, cultivate intercropping and as fishermen then now tend to move towards the industry, such as making rice mill, and various home industry activities, the people used shallow water nowadays people tend to consume clean water from District's Clean Water Company (PDAM) and the like.

Considering the development of population, changes in community activity and the development of the city of Sangkub Sub-district, it can be expected that for the future water needs, both the needs of raw water and water needs for the provision of clean water in the District Sangkub will increase. The reliable water source in Sangkub Sub-district is Sangkub Watershed. It is expected that in the future Sangkub Watershed will be the source of raw water supply and water supply in Sangkub sub-district. Realizing that the availability of water is determined by the climate / weather in Sangkub Subdistrict, when is the rainy season and when the dry season, then how big is the cumulative depth of rain falling in the Sangkub watershed?. Therefore it is expected from the results of this study can be used as a guide for further research in order to maintain the preservation of water availability in the Sangkub watershed.

The aims of this study is to assess the availability of water resources as a material in the Sangkub watershed by calculating the availability of water (reliable waterfall) and then analyzing the water needs for various purposes at present and future water needs.

In completing this study thoroughly, it requires several stages of analysis of available data. The data used include secondary data, as follows: 1). Daily rainfall data from 2008 to 2016. 2). Watershed Map of Sangkub and river network. 3). Land use maps are used to determine land use in the study area. 4). The rain station data is the location of the rain station administration and the coordinates of the rain station. Data processing: 1). The average monthly rainfall data from the three rainfall observation stations will be processed into discharge data by the NRECA method. 2). Calibrate the value of debit calculation results with the value of the observation debit. 3). Calculate the mainstay debit with Weibull method. 4). Calculating the availability of water in the Sangkub watershed. 5). Calculating the water requirement on the Sangkub Watershed for various purposes. The mainstream debit is obtained by sorting the monthly debit from a large sequence of small-scale accuracy and can be calculated by the formula (Standart irrigation planning).

Based on the analysis and data calculation results, it could be concluded as follows: Water availability in Sangkub watershed; January; 17,4826 m³ / s. February; 11,0556 m³ / s. , March; 10,9789 m³ / s. , April; 10,2648 m³ / s. , in May; 9,4232 m³ / s. , June; 7,7551 m³ / s. , July; 7,7551 m³ / s. , August; 6,4390 m³ / s. , September ; 5,5245 m³ / s. , October ; 6,4959 m³ / s. , November; 6,9829 m³ / s. , December; 13,1474 m³ / s. At the main discharge conditions 80% water use is prioritized for the needs of the population (domestic and non-domestic purposes). The calculation of water use for Irrigation is not predicted to increase in this study considering the minimum availability of water from the analysis, so it can no longer extend the functional area (± 1300 ha) that already exist.

Keywords: Water Balance ,irrigation area, watershed, NRECA method, Weibull method, debit

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemanfaatan sumber daya air sebagai materi untuk penyediaan air baku dan untuk penyediaan air bersih terus meningkat dari tahun ke tahun situasi itu sejalan dengan perkembangan jumlah penduduk maka perkembangan industri dan perkembangan permukiman di dalam suatu daerah. Kecamatan Sangkub adalah salah satu kecamatan yang sedang berkembang di Kabupaten Bolaang Mongondow Utara , antara lain daerah irigasi (DI) terus berkembang semula lahan berupa hutan, perkebunan tanah ladang, semua lahan-lahan tersebut sebagai lahan potensi, sekarang berubah menjadi areal fungsional, seperti areal persawahan, perikanan dan peternakan, semula lahan berupa hutan, sekarang berubah menjadi areal permukiman transmigrasi, semula lahan berupa perkebunan sekarang berubah menjadi areal permukiman perkotaan. Aktivitas masyarakat semula bertani perkebunan kelapa, bertanam palawija dan sebagai nelayan kemudian sekarang cenderung beraktivitas kearah industri, seperti membuat gilingan padi, dan rupa-rupa kegiatan home industri, semula masyarakat menggunakan air sumur dangkal sekarang cenderung masyarakat mengkonsumsi air bersih dari PDAM dan sejenisnya.

Melihat perkembangan jumlah penduduk, perubahan aktivitas masyarakat dan semakin berkembangnya Kota Kecamatan Sangkub, maka dapat diduga bahwa untuk waktu kedepan kebutuhan air, baik kebutuhan air baku maupun kebutuhan air untuk penyediaan air bersih di Kecamatan Sangkub akan semakin meningkat.

Semua AS yang Sangkub diatas apabila dibuat interkoneksi satu pada yang lain, maka memungkinkan potensi ketersediaan air di Kecamatan Sangkub akan dapat memenuhi kebutuhan air.

Menyadari bahwa ketersediaan air sangat ditentukan oleh iklim/cuaca yang ada di daerah

Kecamatan Sangkub, yaitu kapan, berapa lama dan berapa besar kedalam curah hujan kumulatif selama satu kali musim penghujan? Kemudian kapan musim kemarau dan berapa besar volume debit air saat musim kemarau berlangsung? Selain itu juga ketersediaan air di Kecamatan Sangkub ditentukan pula oleh keadaan DAS Sangkub, apakah DAS terpelihara seperti keadaan sekarang atau sebaliknya untuk waktu kedepan terdapat kecenderungan DAS Sangkub mengalami perubahan fungsi?, oleh karena itu konsentrasi dalam penelitian ini cenderung pada ketersediaan air di DAS Sangkub pada saat sekarang ini dan ketersediaan air pada waktu yang akan datang kemudian terkonsentrasi juga pada kebutuhan air di Kecamatan Sangkub pada waktu sekarang dan kebutuhan air pada waktu yang akan datang.

Berdasarkan data curah hujan stasiun sangkub Huntuk, Sangkub Pangkusa, Sangkub Bintauna Pantai, Bumbang Ayong dan data curah hujan stasiun Toraut Tahun 2008 sampai dengan data curah hujan Tahun 2016 (data curah hujan dapat dilihat pada data yang digunakan dalam analisis penelitian ini), maka bulan April sampai dengan bulan Oktober di DAS Sangkub berlangsung musim kemarau dan musim penghujan berlangsung mulai bulan Oktober sampai dengan bulan April tiap tahun.

Secara umum DAS Sangkub bagian hulu berupa pegunungan dan jenis tumbuh-tumbuhan berupa hutan lindung dan DAS Sangkub bagian hilir umumnya berupa *rural* dan persawahan. Sejalan dengan perubahan-perubahan yang mungkin akan terjadi di DAS Sangkub, maka perlu dilakukan penelitian tentang ketersediaan air di DAS Sangkub dan jumlah kebutuhan air pada masa sekarang ini dan kebutuhan air pada masa yang kan datang. Oleh karena itu diharapkan dari hasil penelitian ini dapat dijadikan pedoman untuk penelitian selanjutnya guna menjaga kelestarian (*sustainable*) ketersediaan air di DAS Sangkub.

Kecamatan Sangkub di Kabupaten Bolaang Mongondow Utara adalah sebuah daerah yang sedang berkembang dengan berbagai pembangunan bidang pertanian, pendidikan, kesehatan, industri, permukiman dan bahkan jumlah penduduk terus bertambah, baik penduduk asli yang berkembang melalui proses kelahiran maupun pertambahan penduduk pendatang, maka penelitian tentang ketersediaan sumber daya air sebagai materi kemudian kebutuhan air baku dan air bersih pada waktu sekarang dan pada waktu yang akan datang dipandang perlu untuk dilakukan.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji ketersediaan sumber daya air sebagai materi di DAS Sangkub dengan menghitung ketersediaan air (debit andalan) kemudian menganalisis kebutuhan air untuk berbagai keperluan pada saat sekarang ini dan kebutuhan air pada waktu yang akan datang.

TINJAUAN PUSTAKA

Neraca air adalah keseimbangan antara kebutuhan air dengan jumlah air yang tersedia. Memahami neraca air pada suatu wilayah sungai, maka dapat diidentifikasi seberapa kritis kondisi kekurangan air yang dapat terjadi, atau seberapa rawan terhadap kekeringan pada wilayah sungai yang bersangkutan. (Waluyo Hatmoko et al, 2012). Pada prinsipnya neraca air terbagi atas tiga bagian, yaitu:

1. Ketersediaan air yang biasa dinyatakan dalam bentuk ketersediaan rata-rata dan ketersediaan yang dapat diandalkan dengan kemungkinan sukses 80%; 85 %; 90% dan 95%
2. Kebutuhan air untuk berbagai keperluan; dan
3. Neraca keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air.

Debit Andalan adalah Debit yang tersedia sepanjang tahun dengan besarnya resiko kegagalan tertentu. Menurut pengamatan dan pengalaman, besarnya debit andalan untuk berbagai keperluan berbeda antara 85% sampai dengan 99% mm (Lily Montarcih Limantara, 2010)

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%). Debit andalan ditentukan untuk periode tengah – bulanan. Debit minimum sungai diantahis atas dasar data debit harian sungai. Agar analisisnya cukup tepat dan andal, catatan data yang diperlukan harus meliputi jangka waktu paling sedikit 20 tahun. Jika persyaratan ini tidak bisa dipenuhi, maka metode hidrologi analitis dan empiris bisa dipakai. Dalam menghitung debit andalan, kita harus mempertimbangkan air yang diperlukan dari sungai di hilir pengambilan. Dalam praktek ternyata debit andalan dari waktu ke waktu mengalami penurunan seiring dengan penurunan fungsi daerah tangkapan air. Anonim, 1986) Neraca Air : Penghitungan neraca air dilakukan untuk mengecek/memeriksa apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di proyek yang bersangkutan. Perhitungan didasarkan pada periode mingguan atau tengah bulanan. Dibedakan adanya tiga unsur pokok :

- Tersedianya Air
- Kebutuhan Air Dan
- Neraca Air.

Perhitungan pendahuluan neraca air dibuat pada tahap studi proyek.

Taraf perencanaan pendahuluan ahli irigasi akan meninjau dasar-dasar perhitungan ini. Kalau dipandang perlu akan diputuskan mengenai pengumpulan data-data tambahan, inspeksi dan uji lapangan. Ahli irigasi harus yakin akan keandalan data-data tersebut. Perhitungan neraca air akan sampai pada kesimpulan mengenai :

- Pola tanam akhir yang akan dipakai untuk jaringan irigasi yang sedang direncanakan dan
- Penggambaran akhir daerah proyek irigasi

Dalam perhitungan neraca air, kebutuhan pengambilan yang dihasilkannya untuk pola

tanam yang dipakai akan dibandingkan dengan debit andalan untuk tiap setengah bulan dan luas daerah yang bisa diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah proyek irigasi adalah tetap karena luas maksimum daerah layanan (*command area*) dan proyek akan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai. Bila debit sungai tidak mencukupi dan kadang-kadang terjadi kekurangan debit maka ada 3 pilihan yang bisa dipertimbangkan :

- Luas daerah irigasi dikurangi: bagian-bagian tertentu dari daerah yang bisa diairi (luas maksimum daerah layanan) tidak akan diairi
- Melakukan modifikasi dalam pola tanam: dapat diadakan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di Sawah (l/dt/ha) agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.
- Rotasi teknis golongan: untuk mengurangi kebutuhan puncak air irigasi. Rotasi teknis atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk proyek irigasi yang luasnya sekitar 10.000 ha atau lebih.

1. Untuk analisis hidrologi, kualitas dan kuantitas data sangat diperlukan karena itu ketersediaan data di DAS Ranowanko harus menjadi prioritas.
2. Untuk mengatasi kekurangan air yang terjadi, maka sebaiknya dalam penggunaan air untuk kebutuhan irigasi dilakukan sistem golongan. Sistem golongan tersebut dapat berupa pembagian luas areal tanam pada daerah irigasi, dengan waktu awal tanam yang tidak bersamaan terutama pada bulan-bulan yang terjadi defisit air yaitu bulan –bulan kemarau, sehingga kebutuhan air pada bulan-bulan tersebut dapat diminimalisir dan terpenuhi oleh ketersediaan air yang ada.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan di DAS Ranowanko untuk mencari solusi pencegahan/mengatasi kekurangan air (Jeffrey S. F. Sumarauw et.al, 2016)

Daerah dengan daya dukung lingkungan yang baik membuat kondisi curah hujan yang

tinggi sehingga memberi kontribusi yang aman dalam ketersediaan debit air, dimana semakin tinggi nilai neraca airnya maka semakin besar nilai rasio supply/demand atau dengan kata lain semakin terjamin kondisi ketersediaan sumberdaya airnya. (Erick Udi Artha1,et. Al, 2012)

Sebagai upaya memanfaatkan air secara efektif dan efisien maka dilakukan simulasi pola tanam yang paling proporsional terhadap ketersediaan air. Alternatif terpilih dari enam pola sesuai dengan ketersediaan air di DAS Renggung adalah pola tanam padi-padi/palawija-palawija dengan periode masa tanam sebagai berikut:

- Padi : Nopember-Februari
 - Padi/Palawija : Maret Juni
 - Palawija : Juli-Oktober
- (Zulkipli,et.al,2012)

Sri Harto Br, 1993, menyatakan hujan yang turun dari atmosfer ke permukaan tanah sebagian akan menguap kembali (evapotranspirasi), sebagian masuk kedalam tanah sebagai infiltrasi kemudian perkolasi masuk kedalam lapisan kedap air. Air yang terinfiltasai sebagian menjadi aliran antara dan sebagian lagi menjadi aliran dasar kemudian sebagian lagi tertahan di dalam tanah. Selain distribusi air hujan yang disebutkan di atas, sebagian air menjadi limpasan langsung dan mengalir di dalam badan sungai sebagai aliran banjir.

Sujarwadi,1990, menyatakan iklim erat hubungannya dengan sifat kebutuhan air untuk tanaman dan ketersediaan air. Usaha pertanian atau usaha yang memerlukan penggunaan air sebagai materi jika tidak selaras dengan watak iklim akan dapat tertimpa gangguan-gangguan yang menimbulkan kerugian, seperti bencana kekeringan.

Sukarno,et.al,2001, menyatakan bahwa ketersediaan air tanah erat hubungannya dengan nilai koefisien limpasan. Perbandingan antara volume curah hujan dan volume debit yang mengalir di sungai, akan memberikan indikasi berapa besar nilai koefisien limpasan pada suatu DAS dan nilai koefisien limpasan dipengaruhi hujan H-3; H-2 dan hujan H-1.

Chow V.T., 1988, menyatakan Nilai koefisien limpasan ditentukan jenis penutup permukaan tanah, selain itu nilai limpasan langsung erat kaitanya dengan kelandaian/kemiringan permukaan tanah di dalam suatu DAS. Apabila DAS berupa hutan, maka nilai koefisien limpasan antara 0.22 sampai dengan 0.52 tergantung kala ulang hujan yang jatuh di dalam DAS.

Ralph A. Wurbs, 1996, menyatakan hubungan antara sungai dengan waduk / bendungan erat kaitanya dengan usaha penyediaan air untuk melayani kebutuhan air di dalam suatu daerah.

Sumber daya air yang dimanfaatkan oleh manusia dan untuk keperluan tumbuh-tumbuhan awal mulanya berasal dari air permukaan, yaitu air menguap ke atmosfer melalui proses evaporasi dan transpirasi, kemudian air berubah menjadi gas/awan dan pada suhu tertentu dan pada ketinggian tertentu gas akan berubah menjadi zat cair(embun) yaitu perubahan zat gas menjadi zat cair dan peristiwanya disebut kondensasi .

Siklus hidrologi, memperlihatkan bahwa sumber daya air dapat dibagi ke dalam 3 bagian, yaitu sumber daya air di atmosfer sumber daya air di permukaan dan sumberdaya air yang terdapat di dalam tanah atau yang disebut air tanah. Jumlah air yang terdapat di atmosfer ditentukan oleh iklim pada daerah yang ditinjau, air di permukaan ditentukan oleh jenis penutup permukaan tanah, misalnya hutan, lahan rural, lahan berupa sawah, sungai, waduk dan lain-lain jenis permukaan tanah seperti atap, aspal dan beton. Air di dalam tanah ditentukan oleh berapa besar jumlah air yang terinfiltrasi masuk ke dalam tanah dan berapa besar jumlah air yang masuk kedalam lapisan tanah melalui proses perkolasi.

Umumnya pemanfaatan sumber daya air oleh manusia air dipakai sebagai materi dan air sebagai sumber energi, sumber daya air sebagai materi digunakan untuk keperluan penyediaan air baku, misalnya air untuk irigasi, industri, air untuk kebutuhan kota, air untuk kebutuhan perkebunan dan lain-lain, selain itu air sebagai materi juga dimanfaatkan untuk penyediaan air bersih, yang terakhir ini biasanya air sebagai materi digunakan untuk kebutuhan manusia,

sedangkan air yang dapat mendatangkan energi perusak sedapat mungkin dapat dihindari, misalnya kemungkinan terjadinya banjir dan genangan air.

DAS Sangkub dengan luas 1502, 6 km² memiliki potensi sebagai sumber air hal ini dapat dijelaskan oleh karena iklim yang berlangsung di DAS Sangkub memungkinkan hujan turun pada bulan Oktober sampai dengan bulan April dan musim kemarau mulai bulan April sampai dengan bulan Oktober tiap tahun.

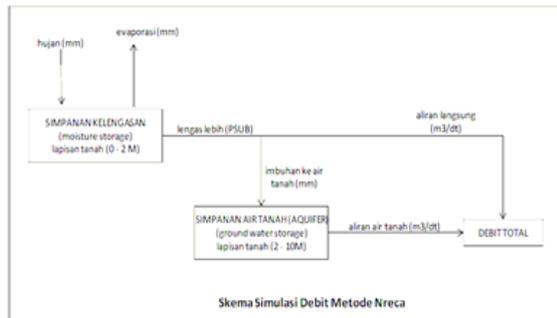
Ketersediaan air di dalam suatu DAS juga ditentukan apakah di dalam DAS terdapat prasarana misalnya bendung atau bendungan, kemudian jenis tumbuh-tumbuhan yang hidup di dalam DAS. DAS Sangkub pada bagian hulu DAS sebagian besar berupa hutan dan pada bagian hilir umumnya berupa rural (permukiman dan perkebunan) untuk memberdayakan sumber daya air di DAS Sangkub sangat ditentukan dimana lokasi titik out let, hal ini akan berpengaruh pada berapa besar jumlah ketersediaan sumber daya air di DAS Sangkub.

Siklus Hidrologi

Terjadinya air di alam ini melalui suatu peredaran yang disebut dengan daur hidrologi. Prosesnya dapat dijelaskan sebagai berikut :Matahari merupakan sumber tenaga bagi alam, dengan adanya tenaga matahari tersebut, maka di seluruh permukaan di bumi akan dapat terjadi penguapan, baik dari muka tanah dan penguapan dari permukaan air yang disebut evaporasi dan transpirasi (*transpiration*) penguapan dari permukaan pohon-pohonan, sebagai akibat terjadinya penguapan akan terbentuk awan yang apabila keadaan klimatologi memungkinkan, awan akan terbawa ke darat dan dapat terbentuk menjadi awan pembawa hujan (rain cloud). Hujan akan turun apabila berat butir-butir air hujan tersebut lebih besar dari gaya tekan udara ke atas.

Air hujan yang sampai ke permukaan tanah disebut hujan dan dapat diukur. Hujan yang terjadi tersebut sebagian juga akan tertahan oleh pepohonan dan bangunan yang selanjutnya akandiupkan kembali. Bagian air ini tidak dapatdiukur dan merupakan bagian

digunakan untuk memperkirakan debit bulanan yang berdasar pada hujan bulanan. Konsep dari metode NRECA memerlukan masukan utama berupa data hujan dan evapo-transpirasi aktual yang terlihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2. Diagram NRECA

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

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

dengan:

P = Presipitasi/ Hujan rata-rata DAS (mm)

ΔE = Evapotranspirasi Aktual (mm)

ΔS = Perubahan Tampung (mm)

Q = Limpasan (mm)

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

- a. Hujan rata-rata suatu DAS (P)
- b. Evapotranspirasi potensial dari DAS (PET)

Jika data yang ada adalah evapotranspirasi standar maka harus diubah ke dalam bentuk evapotranspirasi aktual .

c. Kapasitas tampungan kelengasan atau nominal. Diperkirakan nilai Nominal seperti persamaan berikut :

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

dengan:

- o C = 0,2 untuk daerah dengan hujan sepanjang tahun
- o C=0,25 untuk daerah dengan hujan musiman Hujan NOMINAL dapat dikurangi hingga 25% untuk daerah dengan tumbuhan yang terbatas dan penutup tanah yang tipis.

d. Persentase limpasan yang keluar dari DAS di sub surface/infiltrasi (PSUB), dimana :

- o PSUB = 0,6 untuk daerah tangkapan hujan yang normal/biasa
 - o $0,5 < PSUB \leq 0,9$, untuk daerah dengan akuifer permeable yang besar
 - o $0,2 \leq PSUB < 0,5$, untuk daerah dengan akuifer terbatas dan lapisan tanah yang tipis
- e. Persentase limpasan tampungan air tanah menuju ke sungai (GWF) dimana :

- o GWF = 0,5 , unuk daerah tangkapan hujan /normal
- o $0,5 < GWF \leq 0,9$, untuk daerah yang memiliki tampungan air yang kecil (baseflow kecil)
- o $0,2 \leq GWF < 0,5$, untuk daerah yang memiliki tampungan air yang dapat diandalkan (base flow besar)

f. Nilai awal dari tampungan kelengasan (Soil Moisture Storage) , nilai SMS tidak adabatasan, tapi perlu diperhatikan fluktuasinya agar seimbang.

g. Nilai awal tampungan awal (Ground Water storage) , nilai GWF tidak ada batasan, tapi perlu diperhatikan fluktuasinya agar seimbang.

h . Nilai Crop Factor (CROFT) berkisar antara 0,9 sampai 1,1

Langkah-Langkah Perhitungan Metode NRECA

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

2. Untuk perhitungan nilai evapotranspirasi menggunakan metode Blaney Criddle
3. Menentukan parameter model :
 - a. Penentuan Nom
 - b. Penentuan PSUB
 - c. Penentuan GWF
 - d. Penentuan Nilai awal tampungan kelengasan tanah (SMS)
 - e. Penentuan tampungan air tanah (GWS)

Penyimpanan kadar kelembaban tanah (moisture storage) Harga kelembaban tanah ditetapkan dengan cara coba-coba dan sebagai kondisi awal akan digunakan untuk perhitungan selanjutnya dirumuskan sebagai berikut :

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

Dengan Delta Storage = perubahan tampungan

Rasio Penyimpanan (Storage Ratio) dengan persamaan :

$$\text{Storage Ratio } (i) = \frac{\text{moisture storage } (i)}{\text{Nominal}}$$

Moisture storage = Moisture Storage (i-1) + Delta Storage (i-1)

NOMINAL = 100 + C x hujan rata-rata tahunan (mm)

Menghitung angka perbandingan antara hujan dan evapotranspirasi potensial Dengan persamaan :

$$R = P/PET$$

dengan :

R = Perbandingan P/PET

P = data hujan bulanan (mm)

PET = evapotranspirasi potensial (mm)

Evapotranspirasi aktual Dapat dihitung dengan persamaan: $AET = k1 \times PET$

dimana: $k1$ = koefisien evapo transpirasi yang tergantung pada nilai R dan Storage ratio, dengan menggunakan persamaan regresi sebagai berikut

- Bila $R < 1$ dan storage ratio < 2 maka: $k1 = P/PET (1 - 0,5 \times \text{Storage ratio}) + 0,5 \times \text{Storage ratio}$

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

Neraca air (water balance) Dengan persamaan :

$$Wb = P - AET$$

dengan :

Wb = water balance/neraca air

P = data hujan bulanan (mm)

AET = evapotranspirasi aktual

Ratio kelebihan kelembaban tanah (excess moisture ratio)

- Untuk Storage moisture ≤ 0 , maka Excess moisture ratio = 0
- Untuk Storage moisture > 0 , maka di hitung dengan persamaan:

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

dengan :

Excess moisture ratio = ratio kelebihan kelembaban tanah $X = (\text{Storage ratio} - 1)/0,52$
 $\text{Tanh} = \{\exp(x) - \exp(-x)\} / \{\exp(x) + \exp(-x)\}$

Kelebihan kelembaban tanah (excess moisture) Bisa dihitung dengan menggunakan persamaan $\text{Excess moisture} = \text{excess moisture ratio} \times \text{water balance}$

dengan :

Excess moisture = kelebihan kelembaban tanah

Excess moisture ratio = ratio kelebihan kelembaban tanah

Water balance = Neraca air

Perubahan tampungan (delta storage) Dengan persamaan :

Delta storage = water balance – excess moisture

dengan :

Delta storage = perubahan tampungan

Water balance = neraca air

Excess moisture = kelebihan kelembaban tanah

Pengisian air tanah (recharge to groundwater) Harga pengisian air tanah didapatkan dengan persamaan :

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

dengan :

Rech = pengisian air tanah

PSUB = persentase limpasanyang keluar

Excess moisture = kelebihan kelembaban tanah

Tampungan awal air tanah (begin storage ground water) Harga tampungan awal air tanah untuk bulan pertama adalah sama dengan harga GWS. Dan untuk bulan berikutnya akan di hitung dengan persamaan :

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

dengan ;

BSGW = tampungan awal air tanah

Rech = pengisian air tanah

GF = limpasan air tanah (ground water flow)

Tampungan akhir air tanah (end storage ground water) Dapat dihitung dengan persamaan

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

dengan :

ESGW = tampungan akhir air tanah

Rech = pengisian air tanah

BSGW = tampungan awal air tanah

Limpasan air tanah (ground water flow) Harga ini didapatkan dari persamaan :

$$\text{GF} = \text{GWF} \times \text{ESGW}$$

dengan :

GF = limpasan air tanah(ground water flow)

GWF = persentase limpasan yang masuk

ESGW = tampungan akhir air tanah

Limpasan langsung (direct flow) Nilai ini didapatkan dari hasil persamaan :

$$\text{DRF} = \text{excess moisture} - \text{rech}$$

dengan :

DRF = limpasan langsung

Excess moisture = kelebihan kelembabantanah

Rech = pengisian air tanah

Total Limpasan (Q) Debit total adalah penjumlahan dari limpasan tanah dan limpasan langsung, seperti pada persamaan berikut :

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

QRO = Q x luas catchment / 1000 / 24 / 3600 / jumlah hari dalam bulan

dengan :

Q = debit total (mm)

GF = limpasan air tanah (mm)

DRF = limpasan langsung (mm)

QRO = Total debit bulanan (m³/dtk)

Untuk mendapatkan hasil yang dapat diandalkan maka data debit Nreca di kalibrasi dengan data pengamatan/observasi lapangan

Menghitung Debit Andalan Dengan Persamaan Weibull

Analisis Debit Andalan debit andalan adalah debit minimum sungai yang dipengaruhi oleh nilai probabilitas. Untuk perencanaan irigasi, debit adalah yang akan dihitung sebesar 80%, dan tidak terpenuhi sebesar 20%. Tingkat keandalan debit dihitung berdasarkan nilai probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull sebagai berikut

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

Menghitung Kebutuhan Air

Penggunaan air oleh manusia pada dasarnya dapat dibagi atas pengambilan air dan penggunaan di tempat. Pengambilan air (withdrawal), atau offstream water use yaitu jika dalam penggunaannya air diambil dari sumbernya (diverted), misalnya untuk irigasi dan air minum. Sedangkan penggunaan di tempat (nonwithdrawal), yaitu jika dalam penggunaannya air tidak diambil dari sumber air, melainkan hanya digunakan ditempat (on-site uses) misalnya untuk perhubungan, perikanan, wisata, kelestarian alam, dan pembuangan limbah ke sungai.

Pengambilan air lebih lanjut dibagi atas penggunaan konsumtif dan penggunaan non-konsumtif. Dalam penggunaan konsumtif, air yang digunakan tidak dikembalikan lagi sebab hilang sebagai evapotranspirasi, misalnya pada irigasi, sebagai air minum oleh manusia dan hewan, atau diubah menjadi suatu produk pada industri minuman. Dalam penggunaan non-konsumtif, air yang telah diambil selanjutnya hampir seluruhnya dikembalikan lagi, misalnya

listrik tenaga air, air pendingin industri, dan air buangan irigasi (return flow). Mengenai penggunaan konsumtif ini dapat diteliti lebih lanjut bahwa ada juga bagian air yang dapat digunakan kembali, misalnya infiltrasi tidak selalu berarti kehilangan air, sebab dapat digunakan kembali pada sawah di sebelah hilirnya, walaupun air buangan irigasi ini mungkin telah tercemar garam, pupuk dan pestisida.

Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air di sawah adalah besarnya kebutuhan air yang harus disediakan agar tanaman dapat bertumbuh dan berkembang dengan baik. Kebutuhan air di sawah untuk padi bergantung pada faktor-faktor: penyiapan lahan, penggunaan konsumtif, perkolasi dan rembesan, pergantian lapisan air, curah hujan efektif, dan efisiensi irigasi. Kebutuhan air di sawah ini biasa dinyatakan dalam satuan mm/hari atau liter/s/ha, sedangkan tahapan perhitungan kebutuhan air irigasi dibagi atas 2 tahapan, yaitu :

1. **Kebutuhan air selama penyiapan lahan.**
Faktor-faktor penting yang menentukan kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah:
 - a) Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan. Umumnya berkisar antara 1 bulan sampai dengan 1,5 bulan (dengan mesin).
 - b) Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak diambil 250 mm, dan jika tanah dibiarkan bera untuk waktu yang lama (lebih dari 2,5 bulan) maka kebutuhan air untuk penyiapan lahan diperkirakan 300 mm.

Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus:

$$Etc = kc \times ETO$$

dengan

Etc = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)
 ETO = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari)
 kc = koefisien tanaman

Evapotranspirasi

Besarnya evapotranspirasi dapat diperoleh dari data evaporasi Pan Kelas A; dan perhitungan Penman. Jika digunakan Pan Kelas A, maka nilai evaporasi pan harus dikoreksi dengan koefisien pan Kp sebesar antara 0,65 sampai dengan 0,85.

$$Et0 = Kp \times Epan$$

Koefisien tanaman

Nilai-nilai koefisien tanaman untuk padi, sesuai dengan tahap pertumbuhannya, dan berdasarkan metode perhitungan rumus evapotranspirasi Penman (Nedeco/Prosida atau FAO) adalah sebagai berikut pada tabel berikut:

TABEL 2.2 Nilai Koefisien tanaman (Sumber: Ditjen Pengairan PSA010, 1985)

Bulan	Nedeco/Prosida		FAO	
	Varietas biasa	Varietas unggul	Varietas biasa	Varietas unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95
3	1,24	0	1,05	0
3,5	1,12		0,95	
4	0		0	

Perkolasi

Laju perkolasi berkisar antara 1 – 3 mm/hari, bergantung pada sifat-sifat tanahnya apakah lempung, lanau atau pasir.

Pergantian lapisan air

Pergantian lapisan air biasa dilakukan setelah pemupukan. Pergantian lapisan air ini pada umumnya dilakukan sebanyak dua kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/hari selama ½ bulan) pada saat sebulan dan dua bulan setelah tanam.

Curah hujan efektif

Curah hujan efektif dapat diperkirakan sebesar 70 % dari curah hujan minimum tengah-bulanan dengan periode ulang 5 tahun (R80%).

$$Re = 0,7 \times R80\%$$

dengan

Re = Hujan Efektif

R80% = Hujan minimum 5 tahunan

Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman.

Kebutuhan air di petak sawah dihitung sebagai berikut:

$$NFR = Etc + P - Re + WLR$$

dengan:

NFR = kebutuhan air di sawah (Net Field Requirement)

Etc = koefisien tanaman

P = perkolasi

Re = hujan efektif

WLR = penggantian lapisan air (Water Layer Replacement)

Kebutuhan Air Domestik dan Non Domestik (Rumah tangga dan perkotaan)

Kebutuhan air rumah-tangga dan perkotaan (domestic and municipal) kerap-kali disebut juga dengan nama air baku jika air tersebut belum diolah, dan air bersih atau air minum jika air telah diolah dengan menggunakan Instalasi Pengolah Air. Kebutuhan ini sangat penting untuk selalu dipenuhi, sebab kegagalan pemenuhan kebutuhan air rumah tangga dan perkotaan dapat menimbulkan wabah penyakit dan keresahan masyarakat. Besarnya kebutuhan air ini bergantung pada jumlah penduduk, pola konsumsi yang sejalan dengan naiknya tingkat kesejahteraan, serta ukuran besarnya kota, atau

desa yang dapat diasumsikan bergantung pada jumlah penduduk. Salah satu kriteria yang dapat digunakan tercantum pada tabel 2.3, yang dapat digunakan untuk memberi gambaran umum kebutuhan air rumah-tangga dan perkotaan.

Tabel 2.3 Kebutuhan air Rumah Taangga dan Perkotaan

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk(Jiwa)	Kebutuhan Air Bersih (L/O/H)
1	Semi Urban (Ibu Kota Kecamatan /Desa)	3.000 – 20.000	60 - 90
2	Kota Kecil	20.000 – 100.000	90 - 110
3	Kota Sedang	100.000 – 500.000	100- 125
4	Kota Besar	500.000– 1.000.000	120 - 150
5	Metropolitan	> 1.000.000	150 - 200

Sumber: Ditjen Cipta Karya, 2006, Materi Pelatihan Peningkatan SDM Sektor Air Minum (Peningkatan Kemampuan Staf Profesional Penyelenggara SPAM)

Kebutuhan air perkotaan mencakup aspek komersial dan sosial seperti: toko, gudang, bengkel, sekolah, rumah sakit, hotel dan sebagainya yang diasumsikan antara 15% sampai dengan 30% dari total air pemakaian air bersih rumah tangga.

Kebutuhan Air Peternakan

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.

Indeks kebutuhan air untuk peternakan sebagaimana digunakan oleh JICA (1993) adalah sebagai pada Tabel berikut:

Tabel 2.4 Kebutuhan air untuk ternak/unggas

Jenis Ternak	Kebutuhan air (liter/ekor/hari)
Sapi/kerbau/kuda	40
Kambing/domba	5
Babi	6
Unggas	0,6

Kebutuhan air ternak, perhitungan kebutuhan air untuk ternak dapat diperoleh sebagai berikut :

$$Q(T) = 365 \times \{q(c/b) \cdot P(c/b) + q(s/g) \cdot P(s/g) + q(pi) \cdot P(pi) + q(po) \cdot P(po)\}$$

dengan:

Q(D) = kebutuhan air untuk ternak

q(c/b) = kebutuhan air untuk sapi dan kerbau

q(s/g) = kebutuhan air untuk domba/kambing

q(pi) = kebutuhan air untuk babi

q(po) = kebutuhan air untuk unggas

P = jumlah masing-masing ternak

Kebutuhan Air Perikanan

Perikanan dapat dibagi atas beberapa jenis, yaitu

- 1). Perikanan air tawar, yang terdiri atas air tenang di kolam dan di sawah; perikanan air deras di saluran, dengan atau tanpa keramba, atau di kolam;
- 2). Perikanan air payau atau tambak, dengan sistem tradisional dan sistem teknis atau intensif;
- 3). Perikanan di danau dan waduk, secara bebas; dan dengan keramba

Pengembangan budi daya tambak memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi. Budi daya tambak dapat berupa tambak tradisional, semi intensif dan intensif. Kebutuhan air tawar pada tambak perlu

dihitung dengan seksama, sebab kebutuhannya sangat besar, bahkan lebih besar dari kebutuhan air tanaman padi. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan antara lain adalah:

- a).Salinitas yang diperlukan, yaitu sekitar 20 ppt;
- b). Evaporasi, yang besarnya antara 5 - 7 mm/hari;
- c). Curah hujan efektif; rembesan, umumnya sekitar 1 mm/hari; dan
- d). Efisiensi saluran pembawa

(Puslitbang Pengairan dan Delft Hydraulics, 1989).

Untuk menjaga kualitas air tambak, maka diperlukan penggantian air tawar dan air laut. Air tawar diperlukan untuk menjaga agar salinitas tambak tetap sesuai dengan salinitas yang dibutuhkan udang agar tumbuh secara optimal, yaitu 23 ppt. Untuk mempertahankan volume air kolam tambak V0 agar tetap pada salinitas yang diinginkan S0, maka diperlukan pasok air laut Qm dan pasok air tawar Qf sebagai berikut:

$$Q_f = [(F.V_0 + S)(S_m - S_0) + (E - R)S_m] / (S_m - S_f)$$

$$Q_m = FV_0 + E - R - Q_f$$

dengan :

- Qf adalah air tawar yang diperlukan (m³ / hari, dengan salinitas Sf)
- Sf adalah salinitas air tawar (ppt)
- Qm adalah jumlah air laut yang diperlukan m³ / hari, dengan salinitas Sm)
- Sm adalah salinitas air laut (ppt)
- S0 adalah salinitas kolam tambak yang diinginkan (ppt)
- F adalah laju pergantian air (%)
- V0 adalah volume air kolam tambak
- F.V0 adalah kebutuhan pergantian air (m³/hari)
- S adalah rembesan / bocoran (m³ / hari)
- E adalah evaporasi (m³ / hari)

R adalah curah hujan (m³ / hari)

Delft Hydraulics dan Puslitbang Pengairan (1989) mengungkapkan bahwa rumus tersebut di atas tidak sensitif terhadap parameter hidrologi seperti curah hujan, evaporasi, dan rembesan. Ternyata yang sangat menentukan adalah salinitas air tawar dan salinitas air laut, kedalaman tambak, serta laju pergantian air. Perhitungan kebutuhan air untuk tambak berdasarkan rumus di atas, asumsi yang digunakan serta hasilnya disajikan pada tabel berikut ini.

Perhitungan kebutuhan air tambak:

Tabel 2.5 Kebutuhan air Tambak

Simbol	Parameter	Tambak semi-intensif	Tambak intensif	Satuan
Data hidrologi dan salinitas				
E	Evaporasi	5	5	mm/hari
R	Curah Hujan	1	1	mm/hari
S	rembesan/bocoran	1	1	mm/hari
S _m	Salinitas air laut	32	32	ppt
S _f	Salinitas air tawar	2	2	ppt
Data tambak				
E _r	Efisiensi pasok air tawar	75%	85%	
F	Laju pergantian air	7%	13%	
S ₀	Salinitas yang dibutuhkan	23	23	ppt
V ₀	Kedalaman tambak	1	1	m ²
Hasil perhitungan				
Q _m	Kebutuhan air laut netto	0,049	0,091	m ³ /hari
Q _f	Kebutuhan air tawar netto	0,026	0,044	m ³ /hari
Q _t	Jumlah kebutuhan air tawar	0,034	0,051	m ³ /hari
Q _r	Debit kebutuhan air tawar	3,9	5,9	liter/s/ha

Kebutuhan Air Industri

Kebutuhan air industri umumnya relatif konstan terhadap waktu. Dengan meningkatnya industri, maka meningkat pula kebutuhan air industri. Survai kebutuhan air industri diperlukan untuk menentukan rata-rata penggunaan air pada berbagai jenis industri tertentu. Angka indeks ini kemudian dapat dikaitkan dengan ukuran besarnya industri tersebut misalnya melalui banyaknya produk yang dihasilkan, atau banyaknya tenaga kerja.

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

Kebutuhan air untuk pemeliharaan aliran

Menurut Rancangan Peraturan Pemerintah tentang Sungai, pengambilan air sungai harus memperhitungkan tersedianya aliran pemeliharaan sungai sampai ke muara. Aliran pemeliharaan sungai adalah aliran minimum yang harus ada di sungai untuk melindungi ekosistem sungai. Ini penting agar sungai dapat menjalankan fungsi ekologisnya bagi alam sama pentingnya seperti fungsi-fungsi bagi kehidupan manusia. Mengingat pentingnya aliran pemeliharaan sungai bagi kelangsungan ekosistem jangka panjang, alokasi air untuk aliran pemeliharaan sungai secara proporsional harus disediakan terlebih dahulu sebelum ketersediaan air dialokasikan bagi berbagai kebutuhan air lainnya.

Bagi sungai-sungai yang airnya berlebih di musim kemarau, air sungai tidak boleh dihabiskan dalam perjalanannya menuju laut. Sementara bagi sungai-sungai yang airnya kurang, pelaksanaan ketentuan aliran pemeliharaan sungai diprioritaskan secara proporsional dengan kebutuhan air lainnya. Artinya perlu dilakukan penghematan pemakaian air agar sungai tidak habis airnya. Goodman (1984) menyatakan bahwa kebutuhan air mencakup kebutuhan untuk rumah-tangga, perkotaan dan industri, irigasi, tenaga listrik, navigasi, serta kebutuhan air untuk rekreasi, perikanan dan satwa liar. Kebutuhan air yang terakhir ini dapat diartikan sebagai kebutuhan air untuk pemeliharaan aliran. Pedoman Studi Proyek Pengairan PSA 01 (Ditjen Pengairan) juga telah memuat perlunya pemeliharaan aliran untuk satwa langka.

Nippon Koei (1993) mengasumsikan bahwa kebutuhan air untuk aliran pemeliharaan sungai atau penggelontoran bergantung pada jumlah orang yang tinggal pada DAS atau Wilayah Sungai. Indeks yang digunakan untuk tahun 2000 adalah 360 liter/orang/hari, dan pada tahun 2015 akan turun menjadi 300 liter/orang/hari. Angka kebutuhan air untuk aliran pemeliharaan ini lebih besar dari kebutuhan untuk rumah tangga, perkotaan dan

industri yang besarnya hanya 280 liter/orang/hari untuk kota besar pada tahun 2015.

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mengkaji ketersediaan sumber daya air sebagai materi di DAS Sangkub maka perlu untuk menghitung ketersediaan air (debit andalan) kemudian menganalisis kebutuhan air untuk berbagai keperluan pada saat sekarang ini dan kebutuhan air pada waktu yang akan datang. Dalam menyelesaikan studi ini secara menyeluruh, maka diperlukan beberapa tahapan analisa terhadap data tersedia. Data yang digunakan meliputi data sekunder, sebagai berikut :

- 1).Data curah hujan harian tahun 2008 sampai dengan 2016.
- 2).Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Sangkub dan jaringan sungai.
- 3).Peta tata guna lahan digunakan untuk mengetahui tata guna lahan di daerah studi.
- 4).Data Stasiun hujan yaitu lokasi administrasi stasiun hujan dan koordinat stasiun hujan. Pengolahan data:
 - 1).Data curah hujan rata-rata bulan dari ketiga stasiun pengamatan hujan akan diolah menjadi data debit dengan metode NRECA.
 - 2).Mengkalibrasi nilai Debit hasil perhitungan dengan nilai debit hasil pengamatan.
 - 3).Menghitung debit andalan dengan metode Weibull.
 - 4).Menghitung ketersediaan air di DAS Sangkub.
 - 5).Menghitung kebutuhan air pada DAS Sangkub untuk berbagai keperluan. Debit Andalan diperoleh dengan mengurutkan debit bulanan dari urutan besar keurutan kecil dan dapat dihitung dengan rumus (Standart perencanaan Irigasi)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa debit adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data hujan St. Sangkub Huntuk

Pengisian Data Hujan Bulanan Stasiun Sangkub-Huntuk

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2008	0,00	0,00	101,00	77,50	75,50	30,10	141,50	92,40	61,70	55,40	101,40	193,93
2009	104,60	294,00	110,60	132,70	84,50	64,00	48,10	20,70	50,10	45,40	219,90	165,00
2010	104,60	61,30	23,60	71,30	71,40	38,00	54,70	34,00	178,80	144,70	69,40	255,10
2011	81,20	367,20	275,40	201,70	191,80	141,60	45,80	80,30	64,40	151,80	151,80	14,60
2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	217,00	43,50	48,40	72,40	119,70	105,70	91,70	92,40	48,40	48,40	213,80	334,50
2008	186,80	204,40	128,90	109,40	229,20	189,60	186,90	120,70	100,00	140,30	182,40	41,00
2010	271,00	296,80	96,80	153,30	404,50	295,40	131,00	34,00	81,10	196,90	60,90	231,30
2011	248,00	269,20	295,00	395,60	154,60	130,80	189,00	189,60	199,80	193,80	220,90	350,90
2012	219,10	151,60	164,40	83,70	93,30	23,50	51,10	117,90	7,20	235,10	259,10	450,30
2013	375,90	303,80	66,40	114,20	314,50	79,20	166,80	234,43	154,20	105,70	103,50	225,30
2014	261,90	102,40	57,80	140,40	147,80	117,10	76,30	79,90	22,70	120,00	141,50	226,50
2016	165,00	89,40	30,10	116,70	134,70	122,30	30,50	107,50	157,90	122,00	122,00	171,00
Jumlah	1913,80	1394,60	816,80	1078,90	1567,90	922,80	669,20	629,03	505,30	1001,40	1303,20	2319,70
Rata2	225,00	162,00	90,00	124,00	248,00	150,00	92,00	90,00	43,00	96,00	142,00	203,00
Max	271,00	297,00	126,00	201,00	405,00	295,00	131,00	84,00	81,00	197,00	214,00	337,00
Min	187,00	44,00	48,00	72,00	120,00	50,00	52,00	23,00	0,00	42,00	61,00	41,00

Tabel 4.3. Data curah hujan stasiun Sangkub-Pangkusa

Tabel 4.4. Data curah hujan stasiun Sangkub-Sangkub

Data Hujan Bulanan Stasiun Sangkub-sangkub

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2008	203,40	70,80	340,60	227,00	93,50	69,30	192,10	95,50	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	167,10	2008,00	222,20	173,30	80,50	49,30	10,70	4,10	0,00	41,80	302,40	155,80
2010	239,40	57,00	96,30	72,80	139,60	193,40	42,10	104,70	72,60	72,20	69,30	236,10
2011	114,00	155,60	133,70	87,40	46,60	17,70	0,00	0,00	72,60	72,20	69,30	236,10
2012	259,60	214,40	178,60	43,10	51,70	50,80	14,00	0,00	0,00	68,90	49,40	0,00
2013	0,00	89,30	33,20	44,20	56,10	12,10	39,40	9,00	58,40	10,30	15,10	49,00
2014	2,74	0,00	9,20	44,30	56,10	0,00	0,00	9,00	10,50	14,00	15,10	49,00
2015	232,40	208,40	138,40	45,40	70,40	102,20	5,50	0,40	0,00	32,50	344,60	208,40
2016	158,80	160,40	26,40	70,30	52,30	227,20	145,00	131,40	131,10	224,50	187,40	372,40
Jumlah	1377,44	2943,90	1178,80	827,70	747,50	722,00	468,60	354,30	345,40	558,40	1074,80	1306,80
Rata2	203,00	421,00	172,00	119,00	107,00	103,00	66,00	50,00	49,00	79,00	153,00	189,00
Max	239,00	2008,00	241,00	227,00	140,00	193,00	192,00	165,00	73,00	72,00	202,00	234,00
Min	167,00	57,00	96,00	73,00	61,00	49,00	11,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4.5. Data curah hujan stasiun stasiun Ayong Bumpang

Data Hujan Bulanan Stasiun Ayong Bumpang

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2008	374,30	340,60	250,70	214,70	174,70	198,60	334,40	403,00	255,60	218,10	204,70	318,70
2009	272,70	291,10	119,10	193,30	209,60	131,20	57,80	38,80	3,30	78,80	203,80	215,90
2010	280,50	152,80	29,80	272,00	305,80	123,90	170,80	209,50	285,40	140,70	140,40	237,30
2011	248,90	161,40	214,60	187,00	222,40	61,00	50,30	37,70	165,50	167,80	211,30	461,90
2012	221,30	116,40	296,40	198,70	169,10	103,60	172,20	67,40	148,00	92,70	281,50	131,30
2013	443,40	144,70	78,00	56,50	231,70	107,40	309,60	114,20	10,10	120,60	83,10	235,00
2014	313,40	68,40	111,40	165,00	55,50	55,70	242,00	40,00	9,40	73,10	91,00	328,40
2015	251,20	213,80	38,30	91,20	38,50	91,40	10,90	0,30	0,00	34,90	173,00	144,9
2016	20,80	107,60	13,10	22,70	171,00	149,90	112,30	60,80	2,60	86,80	113,40	251,40
Jumlah	2428,80	1619,00	1151,40	1252,60	1578,30	1022,70	1244,50	971,70	880,10	1013,50	1504,20	2325,00
Rata2	310,00	208,00	133,00	227,00	200,00	151,00	188,00	217,00	181,00	144,00	184,00	257,00
Max	374,00	361,00	251,00	272,00	306,00	199,00	336,00	403,00	285,00	218,00	207,00	319,00
Min	273,00	153,00	30,00	193,00	175,00	124,00	58,00	59,00	0,00	79,00	140,00	216,00

Tabel 4.6. Data curah hujan stasiun Toraut

Data Hujan Bulanan Stasiun toraut

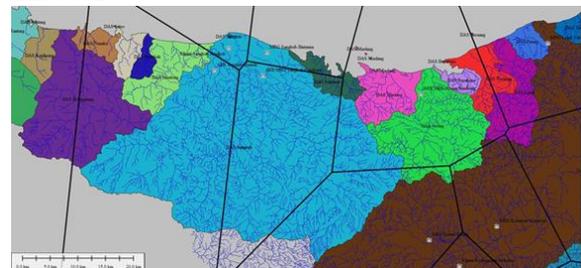
Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des
2008	36,6	63,1	150,60	161,60	52,20	44,40	404,40	253,90	124,90	262,80	98,40	30,34
2009	237,00	139,50	224,50	226,50	171,30	97,00	58,20	50,00	0,00	4,00	192,70	127,50
2010	265,00	122,00	122	214,30	335,30	159,00	128,00	159,00	143,00	127,60	193,50	379,70
2011	167,00	247,50	311,00	232,00	119,79	87,96	134,02	29,29	65,30	4,00	255,80	80,40
2012	143,19	62,88	15,97	42,28	14,85	30,25	113,96	28,62	352,70	935,90	347,50	
2013	83,50	138,10	71,60	221,40	201,00	141,50	220,00	230,80	204,7	113,20	329,40	192,50
2014	85,00	41,70	89,70	198,60	204,90	139,00	109,00	217,40	39,90	29,90	127,70	260,20
2015	123,00	143,40	200,00	162,20	241,70	84,80	21,30	4,90	0,00	0,00	104,40	111,3
2016	73,60	143,90	22,30	186,40	158,00	139,30	61,30	84,10	193,20	254,84	139,00	246,40
Jumlah	1213,89	1121,88	1209,67	1445,28	1499,24	943,21	1273,27	1143,35	799,62	1143,04	2379,00	1775,84
Rata2	180,00	168,00	164,00	201,00	186,00	100,00	197,00	154,00	89,00	159,00	162,00	179,00
Max	265,00	140,00	227,00	227,00	241,00	159,00	404,00	254,00	143,00	263,00	194,00	380,00
Min	37,00	63,00	122,00	162,00	52,00	44,00	58,00	50,00	0,00	4,00	99,00	30,00

Data Debit
Perhitungan data debit bulanan dengan metode NRECA



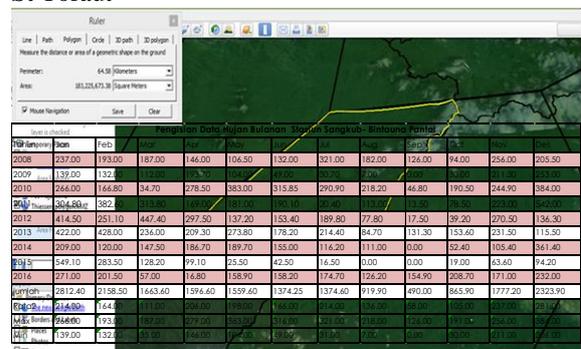
Gambar 4.1 DAS Sangkub dengan luas = 1.502,8km²

Menentukan luas hujan wilayah dengan Polygon Thiessen

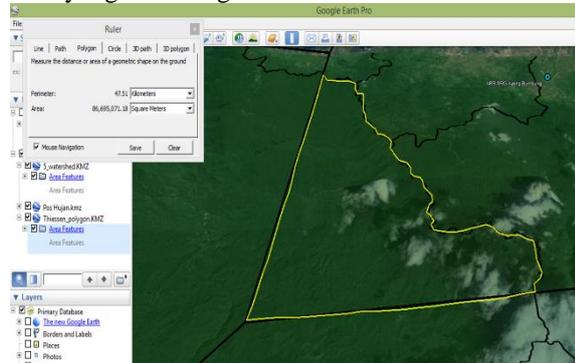


Gambar 4.2 Polygon Thiessen DAS Sangkub

St Toraut

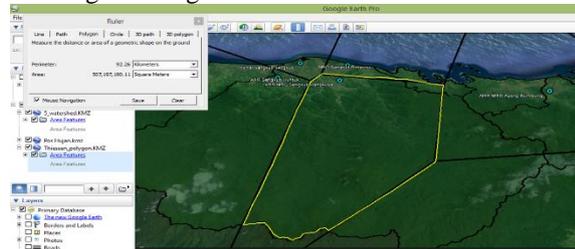


Gambar 4.3 Luas Polygon Thiessen Pos Toraut
St. Ayong Bumbang



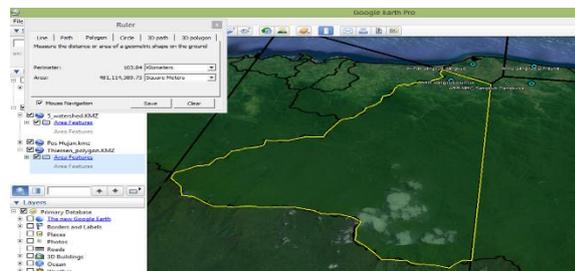
Gambar 4.4 Luas Polygon Thiessen Pos Ayong Bumbang

St. Sangkub Pangkusa



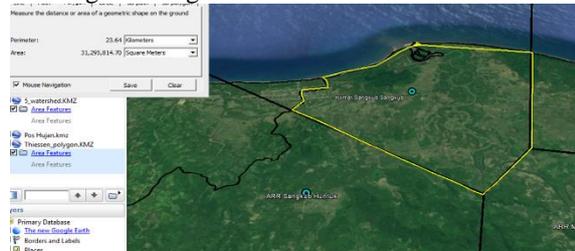
Gambar 4.5 Luas Polygon Thiessen Pos Sangkub Pangkusa

St. Sangkub Huntuk



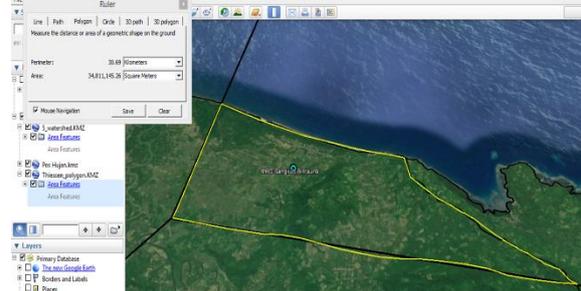
Gambar 4.6 Luas Polygon Thiessen Pos Sangkub Huntuk

St. Sangkub Sangkub



Gambar 4.7 Luas Polygon Thiessen Pos Sangkub Sangkub

St. Sangkub Bintauna Pantai



Gambar 4.8 Luas Polygon Thiessen Pos Sangkub Bintauna Pantai

Hasil perhitungan luas polygon Thiessen

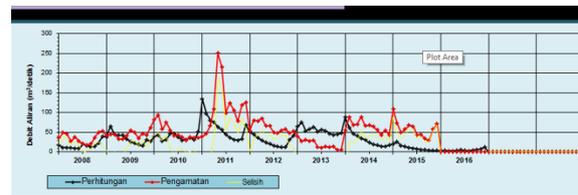
- Toraut = 183,225,673.38 km²
- Ayong Bumbang = 86,695,071.18 km²
- Sangkub Pangkusa = 507,179,190.11 km²
- Sangkub Huntuk = 481,114,389.73 km²
- Sangkub Sangkub = 31,295,814.70 km²
- Sangkub Bintauna = 34,811,145.26 km²
- Luas = 1,324,321,284.36 km²

Hasil perhitungan debit NRECA

Tabel 4.17 Data curah hujan bulanan

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nop	Des
2008	17.48262	11.05556	10.97893	10.26485	9.423221	8.851958	21.03783	16.52753	12.89862	14.26301	23.34611	39.38455
2009	38.37109	65.54868	45.37619	42.54032	42.49413	33.00259	26.51808	22.01794	18.89085	15.17909	30.6158	27.5091
2010	39.26016	43.52469	28.3615	31.73314	47.16684	47.03763	37.5229	29.70679	31.11475	36.38058	30.47063	51.79469
2011	134.2508	98.02289	80.49405	76.0994	64.08675	56.19375	44.08933	36.60733	31.4082	30.26875	32.93736	69.03963
2012	51.35304	44.53695	35.75211	30.06281	24.15593	20.7252	16.65301	13.94018	11.92191	12.64498	31.59931	42.08659
2013	64.76353	75.41636	53.27578	58.21017	64.109	52.25869	57.34103	53.65249	47.2146	43.09663	44.96708	47.7044
2014	88.40372	61.74381	46.30461	41.04608	34.97695	30.83891	24.25516	20.13903	17.2788	14.49303	13.84269	18.349
2015	20.43895	25.54687	16.31731	13.99985	11.2491	9.65145	7.755087	6.439041	5.524541	4.439052	3.951484	3.499279
2016	3.807616	4.111314	2.857992	3.100781	3.780324	5.121898	3.356931	3.003439	4.265739	6.499505	6.982874	13.14737

Gambar grafik hasil perhitungan dan hasil pengamatan



Tabel 4.19 . Kebutuhan air untuk tanaman pada DAS Sangkub

		PERSENTASE KEBUTUHAN AIR TANAMAN UNTUK DAS SANGKUB												
No	Kriteria	Januari			Februari			Maret			April			Berkas
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
01	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
02	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
03	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
04	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
05	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
06	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
07	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
08	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
09	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
10	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
11	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
12	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
13	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
14	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
15	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
16	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
17	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
18	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
19	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
20	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
21	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
22	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
23	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
24	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
25	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
26	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
27	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
28	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
29	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
30	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
31	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
32	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
33	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
34	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
35	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
36	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
37	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
38	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
39	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
40	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
41	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
42	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
43	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
44	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
45	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
46	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
47	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
48	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
49	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410
50	Curah Hujan (mm)	420	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410	310	410

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari data hasil perhitungan ketersediaan air di DAS Sangkub ; bulan januari; 17,4826m³/det. Bulan february; 11, 0556 m³/det. , bulan Maret; 10,9789 m³/det. , bulan April; 10,2648 m³/det. , bulan mei; 9'4232 m³/det. , bulan juni; 7,7551 m³/det. , bulan juli; 7,7551 m³/det. , bulan agustus; 6,4390 m³/det. , bulan september ; 5,5245 m³/det. , bulan oktober ; 6,4959 m³/det. , bulan november; 6,9829 m³/det. , bulan desember; 13,1474 m³/det. pada kondisi debit andalan 80% penggunaan air lebih diprioritaskan untuk kebutuhan penduduk (domestik dan non domestik)
2. Perhitungan penggunaan air untuk Irigasi tidak diprediksikan bertambah dalam penelitian ini mengingat mininnya ketersediaan air hasil analisa, sehingga tidak dapat lagi perluasan luas fungsional (± 1300 ha) yang sudah ada.

Saran

1. Untuk memaksimalkan hasil perhitungan maka ketersediaan data curah hujan yang panjang; minimal 10 tahun sehingga perhitungan ketersediaan air dapat nilai yang optimal, sebab jika dibandingkan dengan pemantauan secara langsung di sungai Sangkub di desa Pangkusa debit sungai ini secara visual cukup besar.
2. Jika luas potensial bertambah maka harus dilakukan sistem rotasi penanaman dan pola tanam pada bulan bulan defisit air diganti dengan palawija, sehingga pemakaian air

tidak terjadi secara bersamaan dalam jumlah yang besar.

3. Untuk mengantisipasi berkurangnya debit air maka perlu dilakukan langkah reboisasi dan konservasi pada daerah tangkapan hujan yaitu pada bagian hulu sungai dengan menanam pohon untuk meningkatkan kwantitas debit mata air
4. Membuat bangunan-bangunan penampung air seperti Bendungan/Embung untuk meyimpan air pada saat musim hujan.

DAFTAR PUSTAKA

Dr. Norman H. Crawford and Steven M. Thurin, Hydrocomp, Inc. 1981. NRECA Small Decentralized Hydropower (SDH) Program Hydrologic estimates for small hydroelectric projects

Limantara Montarjih Lily Dr. Ir. MSc 2010 Hidrologi Praktis, Lubuk Agung Bandung

Hatmoko Waluyo, 2012. Ketersediaan Air, Kebutuhan Air dan Neraca Air Puslitbang Sumber Daya Air, Badan Litbang Pekerjaan Umum

Hatmoko Waluyo ,Radhika S., Amirwandi, M. Fauzi 2012 Neraca Ketersediaan dan ebutuhan Air di Wilayah Indonesia

Harto Br, Sri. 1993. Analisis Hidrologi, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

BPS. 2016 Bolaang Mongondow Utara Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bolaang Mongondow Utara

BPS 2016, Kecamatan Sangkub Dalam angka

Seowarno 1995 Hidrologi, Aplikasi Mode Statistik Untuk Analisa Data, Bandung: Nova

Linsey, RK., Kohler, M.A dan Paulus. 1989. Hidrologi Untuk Insinyur Edisi Ketiga. Jakarta : Erlangga.

Erick Udi Artha, Bambang Rahadi, Bambang Suharto, 2012; Evaluasi Daya Dukung Lingkungan Berbasis Neraca Air Di Kota Batu, Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Malang

Zulklipl1, Widandi Soetopo dan Hari Prasetijo, 2012, ANALISA NERACA AIR PERMUKAAN DAS RENGKUNG UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR

- IRIGASI DAN DOMESTIK PENDUDUK KABUPATEN LOMBOK TENGAH Jurnal Teknik Pengairan, Volume 3, Nomor 2, Malang
- Willy Candra Rompies, Lingkan Kawet, Fuad Halim, J. D. Mamoto, 2013; ANALISIS POTENSI SUMBER DAYA AIR SUNGAI KAYUWATU WANGKO UNTUK PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK DI DESA KAROR KEC. LEMBEAN TIMUR KAB. MINAHASA, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.10, Manado
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bolaang Mongondow Utara 2014 ANALISIS POTENSI EKONOMI KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW UTARA TAHUN 2014
- Anugerah A. J. Surentu Isri R. Mangangka, E. M. Wuisan, 2016, ANALISA DEBIT BANJIR SUNGAI RANOYAPO DI DESA LINDANGAN, KEC. TOMPASO BARU, KAB. MINAHASA SELATAN, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.11, Manado
- Yenni Syahreni Siagian, dan A. P. Mulia Tarigan, ANALISA NERACA AIR DAERAH IRIGASI PANCA ARGA DI KABUPATEN ASAHAN, Medan
- Direktorat Jendral Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, 1986. Standar Perencanaan
- Irigasi: Kriteria perencanaan jaringan Irigasi (KP-01), Jakarta.
- Dzul Firmansah Dengo, Jeffry S. F. Sumarauw, Hanny Tangkudung, 2016, ANALISIS NERACA AIR SUNGAI RANOWANGKO TEKNO Vol.14/No.65/April 2016 ISSN : 0215-9617, Manado.
- Glend Randy Kansil, Jeffry S.F. Sumarauw, Lambertus Tanudjaja, 2015; ANALISIS NERACA AIR SUNGAI AKEMBUALA DI KOTA TAHUNA KABUPATEN SANGIHE Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.7 Juli 2015, Manado
- Muhamad Ervan Mokobombang, Jeffry S. F. Sumarauw, Lambertus Tanudjaja, 2016, ANALISIS NERACA AIR SUNGAI KINALI DI TITIK BENDUNG, KINALI ONGKAG KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.12, Manado
- Zulfikar Indra M.I. Jasin, A. Binilang, J.D. Mamoto, 2012, ANALISIS DEBIT SUNGAI MUNTE DENGAN METODE MOCK DAN METODE NRECA UNTUK KEBUTUHAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.1,