

# ANALISIS NERACA AIR SUNGAI SANGKUB DI TITIK BENDUNG SANGKUB KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW UTARA

Venesia Aprilia Ineke  
Lambertus Tanudjaja, Jeffry S.F. Sumarauw  
Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado  
Email: [venesia.aprilia@gmail.com](mailto:venesia.aprilia@gmail.com)

## ABSTRAK

*Bendung Sangkub memanfaatkan air dari Sungai Sangkub untuk mengairi lahan irigasi yang sedang dikembangkan untuk mendukung program pemerintah daerah Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. Sungai Sangkub menjadi sumber utama untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat sekitarnya. Pertumbuhan penduduk dan pembangunan di berbagai sektor pada masa yang akan datang mengakibatkan bertambahnya kebutuhan akan air. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan studi mengenai analisis neraca air untuk melihat keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di DAS Sangkub.*

*Analisis neraca air dilakukan dengan menganalisis ketersediaan air dan kebutuhan air di DAS Sangkub. Ketersediaan air dihitung menggunakan metode NRECA (National Rural Electric Cooperative Association) dengan masukan data curah hujan, evapotranspirasi dan parameter DAS untuk mencari debit andalan  $Q_{80\%}$ . Kebutuhan air yang dihitung adalah kebutuhan air baku dan air irigasi.*

*Dari hasil analisis, neraca air untuk kebutuhan air baku dan lahan irigasi fungsional masih terjadi defisit air pada bulan-bulan Maret, Agustus, September, Oktober, dan November I. Apabila kebutuhan air dihitung menggunakan seluruh lahan potensial yang ada maka, ketersediaan air tidak dapat memenuhi kebutuhan air sampai 20 tahun mendatang. Untuk mengatasi kekurangan air dapat dilakukan sistem penggolongan dan dapat juga dengan membangun waduk untuk menyimpan air kelebihan di saat musim hujan dan digunakan pada saat musim kemarau.*

**Kata Kunci :** *Sungai Sangkub, DAS Sangkub, Metode NRECA, Neraca Air*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Neraca air merupakan konsep dasar yang digunakan dalam manajemen sumber daya air dan merupakan inti di dalam penyusunan pola pengelolaan sumber daya air. Analisis neraca air merupakan suatu perbandingan antara ketersediaan air dengan kebutuhan air di suatu tempat dalam periode tertentu. Dengan adanya studi analisis neraca air dapat diketahui apakah jumlah air tersebut mengalami kelebihan (surplus) ataupun mengalami kekurangan (defisit). Dengan mengetahui kondisi surplus ataupun defisit ini maka pemanfaatan dari air dapat diatur sebaik-baiknya, mengingat air merupakan kebutuhan pokok manusia yang terus meningkat seiring dengan taraf hidup yang semakin tinggi.

Sungai Sangkub yang terletak di Kabupaten Bolaang Mongondow Utara, merupakan sumber utama dalam memenuhi kebutuhan air di daerah sekitarnya. Salah satu pemanfaatan Sungai Sangkub dengan dibangun bendung yang diharapkan dapat mengairi lahan irigasi potensial seluas 3601 Ha. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan adanya pembangunan di berbagai sektor dan meningkatnya pertumbuhan penduduk menjadi faktor utama sehingga permintaan akan kebutuhan air akan terus meningkat dari tahun ke tahun, sedangkan ketersediaan air di sungai Sangkub akan mengalami penurunan.

Berdasarkan hal di atas maka dibutuhkan adanya suatu studi analisis neraca air untuk melihat bagaimana keseimbangan antara ketersediaan air di sungai Sangkub dan kemungkinan penggunaan serta kebutuhan air di masa mendatang. Dengan adanya studi analisis neraca air ini diharapkan pemakai air di sungai

Sangkub dapat diatur dengan suatu sistem perencanaan yang lebih optimal dan terarah. Sehingga nantinya kebutuhan akan air di sungai ini bisa terpenuhi dengan baik dari waktu ke waktu.

### Rumusan Masalah

Apakah ketersediaan air di sungai Sangkub dapat memenuhi kebutuhan di DAS Sangkub sampai dengan 20 tahun ke depan.

### Batasan Masalah

Tinjauan terhadap berbagai macam aspek yang ada akan memberikan kajian yang kompleks. Untuk itu penyusunan tugas akhir ini hanya dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan untuk mendapatkan debit andalan;
2. Kebutuhan air dihitung sesuai dengan daerah layanan yang ada yaitu, desa Sangkub Satu, Busisingo, Bintauna Pantai, Pimpi Tombolango;
3. Analisis ketersediaan dan kebutuhan air diprediksikan sampai 20 tahun mendatang.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan neraca air pada sungai Sangkub di titik bendung Sangkub.

### Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk mengatur pemanfaatan air khususnya untuk kebutuhan irigasi di desa Sangkub Satu, Busisingo, Bintauna, Bintauna Pantai, Pimpi Tombolango, agar lebih optimal di masa mendatang sehingga kebutuhan air di daerah ini akan selalu dapat terpenuhi.

## LANDASAN TEORI

### Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Air di permukaan tanah dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya sampai ke

permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi. (Bambang Triatmodjo, 2008).

### Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah proses penguapan yang terjadi dari permukaan bertanaman (*vegetated surface*). Nilai dari evapotranspirasi merupakan hasil penjumlahan dari proses evaporasi (*evaporation*) dan proses transpirasi (*transpiration*) yang berlangsung secara bersamaan. Nilai evapotranspirasi dihitung menggunakan metode tertentu sebagai upaya pendekatan berdasarkan kondisi iklim di lokasi yang ditinjau.

Metode Penman–Monteith merupakan metode terbaik dalam menghitung evapotranspirasi tanaman acuan dengan estimasi kesalahan standar terkecil dibandingkan metode lainnya (FAO Paper, 1998). Rumus perhitungan evapotranspirasi metode Penman-Monteith:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1+0,34 U_2)} \quad (1)$$

dengan:

$ET_o$  = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/hari);

$R_n$  = radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman ( $MJ/m^2/hari$ );

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

$U_2$  = kecepatan angin pada ketinggian 2m di atas permukaan tanah (m/det)

$e_s$  = tekanan uap air jenuh (kPa);

$e_a$  = tekanan uap air aktual (kPa);

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

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

### Model NRECA Modified

Konsep dari metode NRECA memerlukan masukkan data utama berupa data hujan dan

evapotranspirasi aktual. *National Rural Electric Cooperative Association* (NRECA) di Amerika mengembangkan suatu model hidrologi untuk menghitung aliran khususnya untuk proyek pembangkit listrik. Model ini dikembangkan oleh Norman H. Crawford dan Steven M. Thurin (1981). Model NRECA biasa tidak memperhitungkan *Crop Factor*, Adidarma (1996) memasukkan *Crop Factor* (CROPF) menjadi salah satu parameter DAS dalam *NRECA Modified*. Kisaran nilai *Crop Factor* ini antara 0,9 sampai 1,1.

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

$$RO = P - \Delta E + \Delta S \quad (2)$$

dengan:

RO = *Run Off* / Aliran Permukaan

P = *Precipitation* / Presipitasi;

$\Delta E$  = *Actual Evaporation* / Penguapan Aktual;

$\Delta S$  = *Delta Storage* / Perubahan Tampungan.

### Kalibrasi Model

Kalibrasi model untuk mengetahui kelayakan dan ketepatan data hasil analisis. Kalibrasi model dilakukan dengan membandingkan hasil analisis data dengan data terukur. Semakin sedikit selisih perbedaannya maka semakin tepat hasil analisis data debit metode NRECA tersebut. Beberapa parameter yang dapat di coba-coba untuk pengujian kalibrasi model:

#### a. PSUB

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

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

#### b. GWF

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

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

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

Kedua parameter di atas merupakan parameter utama dengan sensitivitas tinggi.

#### c. SMS (*Soil Moisture Storage*), GWS (*Ground Water Storage*) dan CROPF

Nilai SMS dan GWS bukanlah parameter utama sehingga sensitivitasnya tidak terlalu besar. Tidak ada batasan untuk kedua nilai ini, namun perlu diperhatikan fluktuasinya agar seimbang. Untuk nilai *Crop Factor* yaitu,  $0,9 \leq CROPF \leq 1$ .

Untuk menguji keterkaitan debit hasil analisis dengan debit hasil pengukuran (observasi) dilakukan uji koefisien determinasi ( $r^2$ ) dengan uji NSE (*Nash-Sutcliffe Efficiency*).

##### 1. Koefisien Determinasi ( $r^2$ )

Dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$r^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{O_i} - \bar{Q}_O)(Q_{P_i} - \bar{Q}_P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{O_i} - \bar{Q}_O)^2 \sum_{i=1}^n (Q_{P_i} - \bar{Q}_P)^2}} \right)^2 \quad (3)$$

dengan:

$r^2$  = Nilai uji koefisien determinasi

$Q_o$  = Debit terukur

$Q_p$  = Debit analisis

Nilai uji koefisien determinasi ( $r^2$ ) berkisar antara  $-\infty$  sampai 1. Jika nilainya adalah 1 ( $r^2 = 1$ ) menandakan bahwa data analisis dan data terukur sangatlah mirip. Pada dasarnya, jika nilai koefisien determinasi ( $r^2$ ) mendekati 1 maka semakin akurat data debit analisis.

##### 2. Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Uji *Nash-Sutcliffe Efficiency* digunakan untuk menilai kekuatan prediksi dari model debit hidrologi yang menggambarkan akurasi model. Dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - Q_{model,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})^2} \quad (4)$$

dengan:

NSE= Nilai uji *Nash – Sutcliffe Efficiency*

$Q_o$  = Debit terukur

$Q_p$  = Debit analisis

**Analisis Debit Andalan ( $Q_{80\%}$ )**

Debit andalan adalah debit sungai yang diharapkan selalu ada sepanjang tahun dan didapat dengan membuat terlebih dahulu garis durasi untuk debit-debit yang disamai atau dilampaui, kemudian ditetapkan suatu andalan berupa frekuensi kejadian yang di dalamnya terdapat paling sedikit satu kegagalan. Sesuai Kriteria Perencanaan (KP-01), diambil nilai  $Q_{80\%}$  karena, kebutuhan air yang dominan adalah kebutuhan air irigasi. Dihitung menggunakan rumus Weibull:

$$P (\%) = \frac{m_1}{n+1} \times 100\% \quad (5)$$

dengan:

$m_1$  = Nomor urut data

$n$  = Jumlah data

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

**Analisis Kebutuhan Air Baku**

Kebutuhan manusia akan air sangat erat bila dikaitkan dengan pertumbuhan penduduk, perkembangan sosial dan kebutuhan pangan. Semakin besar jumlah penduduk maka semakin besar pula kebutuhan air yang diperlukan. Dalam menganalisis kebutuhan air bersih maka diperlukan perhitungan jumlah penduduk. Kebutuhan air terbagi menjadi dua yaitu, kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non-domestik.

**Analisis Kebutuhan Air Irigasi**

Faktor-faktor yang sangat berpengaruh dalam kebutuhan air irigasi, yaitu:

1. Perkolasi ( $p$ )
2. Curah hujan efektif ( $Re$ )
3. Areal tanam sawah ( $As$ )
4. Penggunaan air konsumtif (Etc)
5. Pergantian lapisan air (WLR)
6. Efisiensi

Sedangkan untuk tahapan perhitungan kebutuhan air irigasi dibagi menjadi 2 tahapan, yaitu:

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

**Analisis Neraca Air**

Neraca air merupakan kesetimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Rumus yang digunakan:

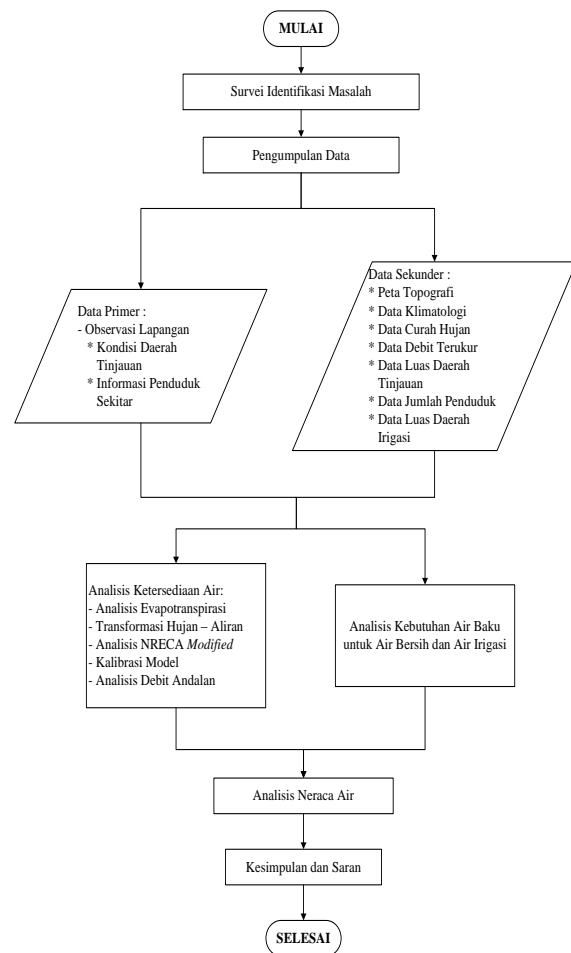
Neraca Air:

$$= \text{Ketersediaan Air} - \text{Kebutuhan Air} \quad (6)$$

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

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Bagan alir penelitian:**



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Data dan Curah Hujan Rata-Rata DAS**

Dari hasil analisis perhitungan, DAS Sangkub memiliki luas 896,43 km<sup>2</sup>. Data curah hujan diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I dengan data pengamatan selama 14 tahun dari tahun 2002-2015. Terdapat 5 stasiun yang berada dekat dan memiliki pengaruh terhadap DAS Sangkub yaitu, ARR Sangkub – Huntuk, ARR MRG Sangkub–Pangkusa, MRG Sangkub–Bintauna Pantai, ARR MRG Ayong–Bumbang, MRG Toraut–Toraut. Analisis curah hujan dilakukan dengan membuat *Polygon Thiessen*, kemudian mencari luas pengaruh dari masing-masing stasiun hujan.

**Analisis Evapotranspirasi Metode Penman – Monteith**

Perhitungan dilakukan dengan periode data setengah bulanan dan data klimatologi yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I tahun 2002-2015.

**Analisis Ketersediaan Air Metode NRECA Modified**

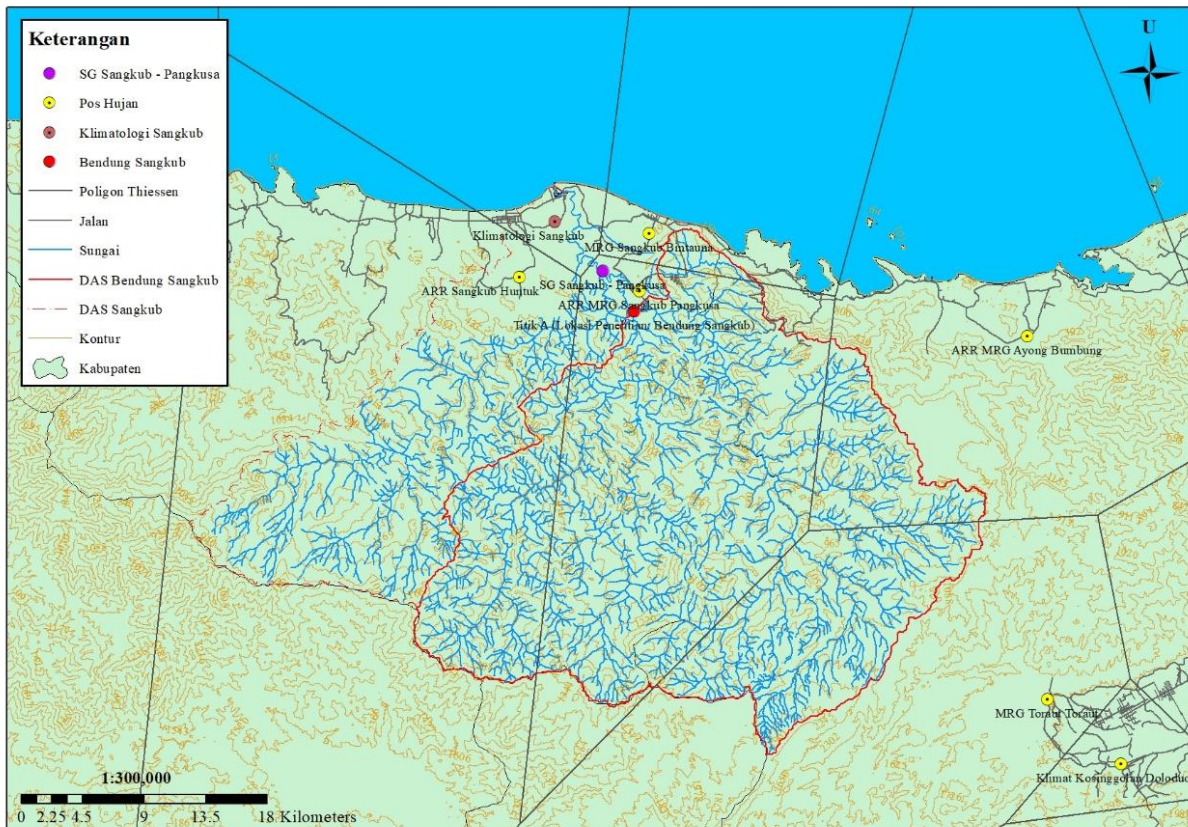
Metode NRECA Modified memerlukan data utama seperti curah hujan dan evapotranspirasi. Parameter - parameter seperti PSUB, GWF, nilai c dan CROPF diasumsikan terlebih dahulu sesuai dengan kondisi lokasi penelitian.

**Kalibrasi Model**

Parameter-parameter dasar yang diperlukan untuk menghitung kalibrasi model:

Tabel 1. Parameter-parameter Dalam Menghitung Kalibrasi Model

Curah Hujan Rerata Tahunan = 1670,439 mm	<b>PSUB (P1) = 0,5</b>
Koefisien C = 0,25	<b>SMS (Soil Moisture Storage) = 600 mm</b>
NOMINAL = 518 mm	<b>Begin GWS = 2 mm</b>
Debit Terukur = 21,842 m <sup>3</sup> /det	<b>CROPF = 1</b>
Debit Hitungan = 14,8 m <sup>3</sup> /det	<b>GWF (P2) = 0,5</b>
Luas DAS = 896,43 km <sup>2</sup>	



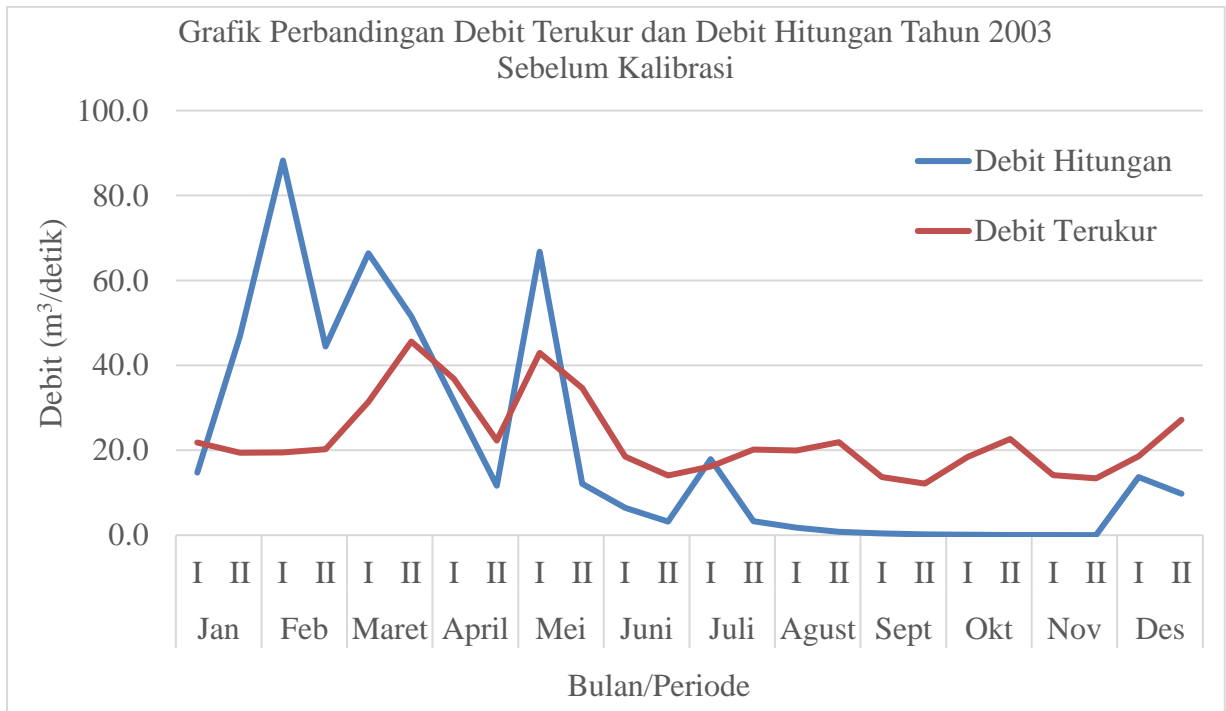
Gambar 2. *Polygon Thiessen* DAS Sangkub



Tabel 4. Analisis Ketersediaan Air Metode NRECA Modified Sebelum Kalibrasi Tahun 2003

TAHUN	DATE	DAY	Rb	ETP	WO	Wi - STORAGE / NOMINAL	Rb / ETP	AET / ETP	AET	WB	X	EXCESS MOISTURE RATIO	EXCESS MOISTURE STORAGE	DELTA STORAGE	RECHAGR E GW	GROUND WATER STORAGE		DIRECT FLOW	TOTAL FLOW	TOTAL FLOW	TOTAL FLOW	DEBIT TERUKUR	SELISIH		
			(mm)	(mm)	(mm)			(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	BEGIN	END	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>3</sup> /det)	(mm <sup>3</sup> /det)	
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)
2003	Januari	I	15	95	53.2796	600.0	1.16	1.79	1.00	53.3	41.8	0.31	0.65	27.1	14.7	13.6	2.0	15.6	7.8	13.6	21.3	14.8	14761.53	21.84261006	7.1
	Januari	II	16	194	58.3052	614.7	1.19	3.33	1.00	58.3	135.9	0.36	0.67	91.5	44.4	45.7	7.8	53.5	26.8	45.7	72.5	47.0	47000.10	19.39109485	-27.6
	Februari	I	14	241	50.8008	659.2	1.27	4.74	1.00	50.8	190.1	0.53	0.74	140.9	49.2	70.5	26.8	97.2	48.6	70.5	119.1	88.2	88231.59	19.49060158	-68.7
	Februari	II	14	111	52.1244	708.4	1.37	2.13	1.00	52.1	59.1	0.71	0.80	47.6	11.5	23.8	48.6	72.4	36.2	23.8	60.0	44.4	44443.40	20.21818888	-24.2
	Maret	I	15	183	56.3771	719.9	1.39	3.25	1.00	56.4	126.9	0.75	0.82	103.8	23.1	51.9	36.2	88.1	44.0	51.9	95.9	66.4	66354.98	31.37225665	-35.0
	Maret	II	16	189	97.9180	743.0	1.44	1.93	1.00	97.9	91.0	0.84	0.84	76.6	14.4	38.3	44.0	82.4	41.2	38.3	79.5	51.6	51555.09	45.60150073	-6.0
	April	I	15	96	57.1696	757.3	1.46	1.68	1.00	57.2	38.9	0.89	0.86	33.3	5.6	16.7	41.2	57.8	28.9	16.7	45.6	31.5	31529.30	36.82194339	5.3
	April	II	15	97	93.0757	763.0	1.47	1.04	1.00	93.1	3.6	0.91	0.86	3.1	0.5	1.6	28.9	30.5	15.2	1.6	16.8	11.6	11618.88	22.27416081	10.7
	Mei	I	15	195	57.7163	763.5	1.47	3.38	1.00	57.7	137.5	0.91	0.86	118.5	19.1	59.2	15.2	74.5	37.2	59.2	96.5	66.7	66724.49	42.93502037	-23.8
	Mei	II	16	24	59.1439	782.5	1.51	0.40	0.85	50.4	-26.9	0.98	0.00	0.0	-26.9	0.0	37.2	37.2	18.6	0.0	18.6	12.1	12072.77	34.64937546	22.6
	Juni	I	15	19	61.1094	755.6	1.46	0.32	0.82	49.8	-30.5	0.88	0.00	0.0	-30.5	0.0	18.6	18.6	9.3	0.0	9.3	6.4	6438.81	18.50228576	12.1
	Juni	II	15	48	69.3657	725.1	1.40	0.70	0.91	63.0	-14.8	0.77	0.00	0.0	-14.8	0.0	9.3	9.3	4.7	0.0	4.7	3.2	3219.40	14.06554364	10.8
	Juli	I	15	98	59.4277	710.3	1.37	1.65	1.00	59.4	38.9	0.72	0.81	31.4	7.5	15.7	4.7	20.3	10.2	15.7	25.9	17.9	17885.73	16.15156321	-1.7
	Juli	II	16	32	62.9628	717.8	1.39	0.50	0.85	53.4	-21.7	0.74	0.00	0.0	-21.7	0.0	10.2	10.2	5.1	0.0	5.1	3.3	3297.68	20.13397792	16.8
	Agustus	I	15	4	57.2948	696.1	1.34	0.08	0.70	40.0	-35.6	0.66	0.00	0.0	-35.6	0.0	5.1	5.1	2.5	0.0	2.5	1.8	1758.76	19.95004066	18.2
	Agustus	II	16	24	60.4127	660.5	1.28	0.41	0.78	47.4	-22.9	0.53	0.00	0.0	-22.9	0.0	2.5	2.5	1.3	0.0	1.3	0.8	824.42	21.89495419	21.1
	September	I	15	44	61.5008	637.6	1.23	0.72	0.89	54.9	-10.5	0.45	0.00	0.0	-10.5	0.0	1.3	1.3	0.6	0.0	0.6	0.4	439.69	13.69959895	13.3
	September	II	15	7	61.0600	627.1	1.21	0.11	0.65	39.6	-33.0	0.41	0.00	0.0	-33.0	0.0	0.6	0.6	0.3	0.0	0.3	0.2	219.85	12.14560133	11.9
	Oktober	I	15	37	57.7087	594.0	1.15	0.64	0.85	48.9	-11.8	0.28	0.00	0.0	-11.8	0.0	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1	109.92	18.46936761	18.4
	Oktober	II	16	25	114.7265	582.2	1.12	0.21	0.66	75.3	-50.7	0.24	0.00	0.0	-50.7	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	51.53	22.6837407	22.6
	November	I	15	8	57.1502	531.5	1.03	0.14	0.58	33.2	-25.2	0.05	0.00	0.0	-25.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.027	27.48	14.10458976	14.1
	November	II	15	50	51.3149	506.3	0.98	0.98	0.99	50.7	-0.6	-0.04	0.00	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.014	13.74	13.39431662	13.4
	Desember	I	15	110	54.7282	505.7	0.98	2.01	1.00	54.7	55.2	-0.04	0.48	26.4	28.8	13.2	0.0	13.2	6.6	13.2	19.8	13.7	13691.60	18.59694273	4.9
	Desember	II	16	88	57.9580	534.5	1.03	1.51	1.00	58.0	29.6	0.06	0.53	15.7	13.9	7.9	6.6	14.5	7.2	7.9	15.1	9.8	9792.90	27.15693494	17.4

Ket: Hujan Tahunan = 1670,439 mm ; C = 0,25 ; NOMINAL = 518 ; PSUB = 0,5 ; GWF = 0,5 ;  
 Luas DAS = 896,43 km<sup>2</sup> ; CROPF = 1  
 Sumber: Hasil Analisis

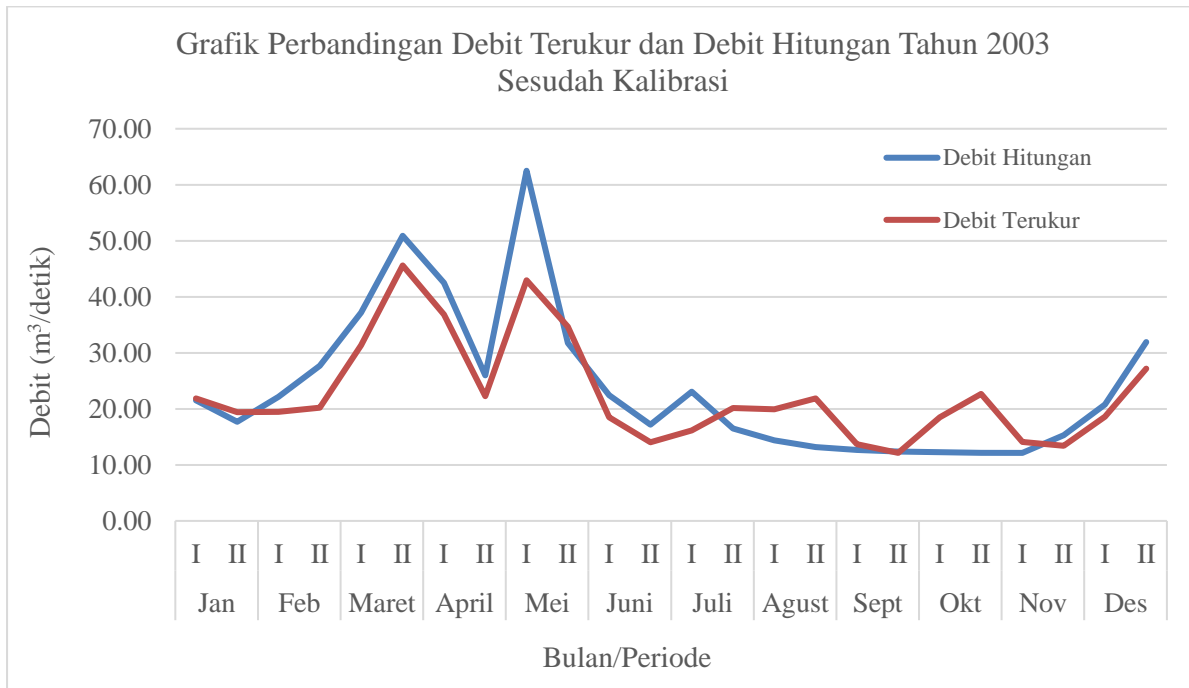


Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Debit Terukur dan Debit Hitungan Sebelum Kalibrasi Tahun 2003  
 Sumber: Hasil Analisis

Tabel 5. Perhitungan Kalibrasi Debit Metode NRECA Modified Tahun 2003

TAHUN	DATE	DAY	Rb	ETP	WO	Wi = STORAGE	Rb / ETP	AET / ETP	AET	WB	X	EXCESS MOISTUR E RATIO	EXCESS MOISTURE STORAGE	DELTA STORAGE	RECHAGR E GW	GROUND WATER STORAGE		DIRECT FLOW	TOTAL FLOW	TOTAL FLOW	TOTAL FLOW	DEBIT TERURUK	SELISIH		
			(mm)	(mm)	(mm)	NOMINAL	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	BEGIN	END	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(m <sup>3</sup> /det)		(m <sup>3</sup> /det)	
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)		(21)	(22)
2003	Januari	I	15	73	53	76.6	0.18	1.37	1.00	58.6	14.3	-1.57	0.04	0.6	13.7	0.5	26.2	26.8	13.6	0.1	13.6	21.54	21543.04	21.84261006	0.3
		II	16	138	58	90.3	0.21	2.37	1.00	64.1	74.2	-1.51	0.05	3.4	70.7	3.1	13.2	16.3	8.3	0.3	8.6	74.2	17695.64	19.39109485	1.7
	Februari	I	14	256	51	161.0	0.38	5.03	1.00	55.9	199.7	-1.19	0.09	17.0	182.7	15.3	8.0	23.3	11.8	1.7	13.5	22.15	22145.05	19.49060158	-2.7
		II	14	140	52	343.7	0.82	2.68	1.00	57.3	82.5	-0.35	0.33	27.3	55.2	24.6	11.5	36.1	18.3	2.7	21.0	27.69	27687.81	20.21818888	-7.5
	Maret	I	15	171	56	398.9	0.95	3.03	1.00	62.0	108.8	-0.10	0.45	49.0	59.8	44.1	17.8	61.9	31.4	4.9	36.3	37.21	37205.86	31.37225665	-5.8
		II	16	244	98	458.7	1.09	2.49	1.00	107.7	136.1	0.17	0.59	79.7	56.4	71.8	30.5	102.3	51.9	8.0	59.8	50.91	50914.86	45.60150073	-5.3
	April	I	15	110	57	515.1	1.22	1.92	1.00	62.9	46.9	0.43	0.70	33.0	13.9	29.7	50.4	80.1	40.6	3.3	43.9	42.48	42480.97	36.82194339	-5.7
		II	15	48	93	529.0	1.26	0.52	0.82	84.2	-35.7	0.49	0.00	0.0	-35.7	0.0	39.5	39.5	20.0	0.0	20.0	25.96	25956.48	22.27416081	-3.7
	Mei	I	15	235	58	493.3	1.17	4.07	1.00	63.5	171.5	0.33	0.66	113.2	58.3	101.9	19.5	121.3	61.5	11.3	72.9	62.51	62505.92	42.93502037	-19.6
		II	16	22	59	551.6	1.31	0.37	0.78	50.9	-29.2	0.60	0.00	0.0	-29.2	0.0	59.8	59.8	30.3	0.0	30.3	31.78	31779.52	34.64937546	2.9
	Juni	I	15	9	61	522.5	1.24	0.15	0.68	45.6	-36.3	0.46	0.00	0.0	-36.3	0.0	29.5	29.5	14.9	0.0	14.9	22.45	22452.10	18.50228576	-3.9
		II	15	50	69	486.1	1.16	0.72	0.88	67.4	-17.2	0.30	0.00	0.0	-17.2	0.0	14.5	14.5	7.4	0.0	7.4	17.21	17208.66	14.06554364	-3.1
	Juli	I	15	101	59	469.0	1.11	1.71	1.00	65.4	36.0	0.22	0.61	21.9	14.1	19.7	7.2	26.9	13.6	2.2	15.8	23.05	23054.67	16.15156321	-6.9
		II	16	27	63	483.1	1.15	0.43	0.76	52.4	-25.4	0.28	0.00	0.0	-25.4	0.0	13.2	13.2	6.7	0.0	6.7	16.47	16468.49	20.13397792	3.7
	Agustus	I	15	0	57	457.6	1.09	0.00	0.54	34.3	-34.3	0.17	0.00	0.0	-34.3	0.0	6.5	6.5	3.3	0.0	3.3	14.40	14402.63	19.95004066	5.5
		II	16	35	60	423.4	1.01	0.57	0.79	52.3	-17.8	0.01	0.00	0.0	-17.8	0.0	3.2	3.2	1.6	0.0	1.6	13.17	13170.75	21.89495419	8.7
	September	I	15	25	62	405.6	0.96	0.41	0.69	47.0	-21.8	-0.07	0.00	0.0	-21.8	0.0	1.6	1.6	0.8	0.0	0.8	12.67	12668.90	13.69958895	1.0
		II	15	13	61	383.9	0.91	0.22	0.57	38.6	-25.3	-0.17	0.00	0.0	-25.3	0.0	0.8	0.8	0.4	0.0	0.4	12.39	12386.79	12.14560133	-0.2
	Oktober	I	15	42	58	358.6	0.85	0.73	0.85	53.7	-11.5	-0.28	0.00	0.0	-11.5	0.0	0.4	0.4	0.2	0.0	0.2	12.25	12247.74	18.46936761	6.2
		II	16	23	115	347.1	0.82	0.20	0.53	66.9	-43.9	-0.34	0.00	0.0	-43.9	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0963	12.18	12175.04	22.6837407	10.5
	November	I	15	22	57	303.2	0.72	0.38	0.60	37.9	-16.2	-0.54	0.00	0.0	-16.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.047	12.15	12145.43	14.10458976	2.0
		II	15	93	51	286.9	0.68	1.81	1.00	56.4	36.2	-0.61	0.23	8.2	28.0	7.4	0.0	7.4	3.8	0.8	4.6	15.29	15294.50	13.39431662	-1.9
	Desember	I	15	130	55	314.9	0.75	2.37	1.00	60.2	69.7	-0.48	0.28	19.2	50.5	17.3	3.7	20.9	10.6	1.9	12.5	20.79	20786.13	18.59694273	-2.2
		II	16	185	58	365.4	0.87	3.19	1.00	63.8	121.0	-0.25	0.38	45.5	75.5	41.0	10.3	51.3	26.0	4.6	30.6	31.93	31930.59	27.15693494	-4.8

Ket: Hujan Tahunan = 1604 mm ; C = 0,2 ; NOMINAL = 421 ; PSUB = 0,9 ; GWF = 0,51 ; Luas DAS = 896,43 km<sup>2</sup> ; CROPF = 1,1  
 Sumber: Hasil Analisis



Gambar 4. Grafik Perbandingan Debit Terukur dan Debit Hitungan Sesudah Kalibrasi Tahun 2003  
 Sumber: Hasil Analisis

**Debit Andalan Q<sub>80%</sub>**

Sesuai Kriteria Perencanaan (KP-01), dalam penelitian ini diambil nilai Q<sub>80%</sub> karena, kebutuhan air yang dominan adalah kebutuhan air irigasi dan Q<sub>95%</sub> sebagai aliran pemeliharaan

sungai sesuai dengan, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 38 Tahun 2011, Tentang Sungai. Dihitung Probabilitas (P %) menggunakan rumus Weibull.



Tabel 6. Urutan Data dan Perhitungan P(%) untuk Q<sub>80%</sub> dan Q<sub>95%</sub> di DAS Sangkub

No. Urut Data (m)	Probabilitas (%)	Januari		Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
1	6.67	47.411	24.536	26.767	21.663	44.096	50.915	42.749	79.808	62.506	16.735	19.297	27.365	14.536	13.232	12.701	12.385	12.256	12.183	12.147	12.129	14.582	34.420	27.304	59.085
2	13.33	37.656	50.591	135.269	76.575	40.601	36.882	42.481	25.956	45.105	35.357	23.170	26.435	34.211	35.094	29.042	19.420	17.809	14.629	13.353	12.686	14.040	20.688	22.508	31.931
3	20	37.285	39.984	45.374	49.763	38.402	35.703	30.624	20.015	40.665	31.780	22.815	17.424	23.055	16.468	14.403	17.498	15.954	14.006	13.046	12.544	12.414	19.624	21.703	29.653
4	26.67	37.064	35.299	45.220	40.911	37.206	25.276	28.079	19.181	30.195	31.406	22.452	17.387	18.374	15.733	14.235	13.171	12.669	12.387	12.544	12.276	12.339	17.698	20.786	28.883
5	33.33	28.082	26.895	40.944	37.014	32.424	24.466	26.276	18.066	24.248	24.844	18.806	17.209	18.316	15.006	13.634	12.815	12.482	12.295	12.248	12.175	12.199	17.670	18.434	25.343
6	40	26.621	26.792	28.069	30.481	28.082	21.951	23.321	17.637	22.936	22.559	18.583	15.411	15.304	14.979	13.620	12.809	12.479	12.293	12.202	12.154	12.145	17.593	15.224	18.773
7	46.67	25.998	25.862	27.970	27.688	22.656	21.095	20.520	15.943	15.596	17.458	16.746	14.967	13.739	13.335	12.755	12.410	12.269	12.190	12.202	12.154	12.134	15.294	15.159	17.879
8	53.33	23.957	24.938	25.261	19.795	22.354	16.984	18.607	15.314	15.051	13.722	13.785	14.396	13.600	12.864	12.508	12.295	12.209	12.160	12.151	12.130	12.121	14.526	14.360	16.112
9	60	23.147	22.574	24.355	19.166	16.860	14.256	13.406	12.684	15.047	13.357	13.008	12.803	13.519	12.763	12.454	12.271	12.196	12.154	12.136	12.123	12.118	13.916	13.725	14.804
10	66.67	21.543	22.004	23.124	18.147	15.647	13.746	13.239	12.668	14.001	13.347	12.959	12.479	13.238	12.633	12.386	12.239	12.179	12.145	12.133	12.122	12.117	12.823	13.089	13.819
11	73.33	20.642	21.971	22.145	16.999	15.357	13.612	12.971	12.536	12.878	12.407	12.767	12.435	12.293	12.196	12.156	12.133	12.123	12.118	12.129	12.120	12.117	12.728	12.475	12.564
12	80	16.845	17.696	20.621	15.934	14.360	13.151	12.901	12.501	12.321	12.209	12.728	12.416	12.262	12.182	12.149	12.129	12.121	12.117	12.115	12.114	12.113	12.267	12.401	12.246
13	86.67	16.233	15.019	19.957	15.690	13.758	12.873	12.512	12.310	12.304	12.201	12.163	12.138	12.125	12.118	12.116	12.114	12.113	12.113	12.113	12.113	12.113	12.115	12.280	12.176
14	93.33	14.738	14.604	16.688	14.074	13.135	12.575	12.356	12.232	12.210	12.157	12.136	12.124	12.118	12.115	12.114	12.113	12.113	12.113	12.113	12.113	12.113	12.113	12.113	12.113
15	95	11.053	10.953	12.516	10.555	9.851	9.431	9.267	9.174	9.157	9.118	9.102	9.093	9.089	9.086	9.085	9.085	9.085	9.085	9.085	9.084	9.084	9.084	9.084	9.084
16	100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Sumber: Hasil Analisis

**Analisis Neraca Air**

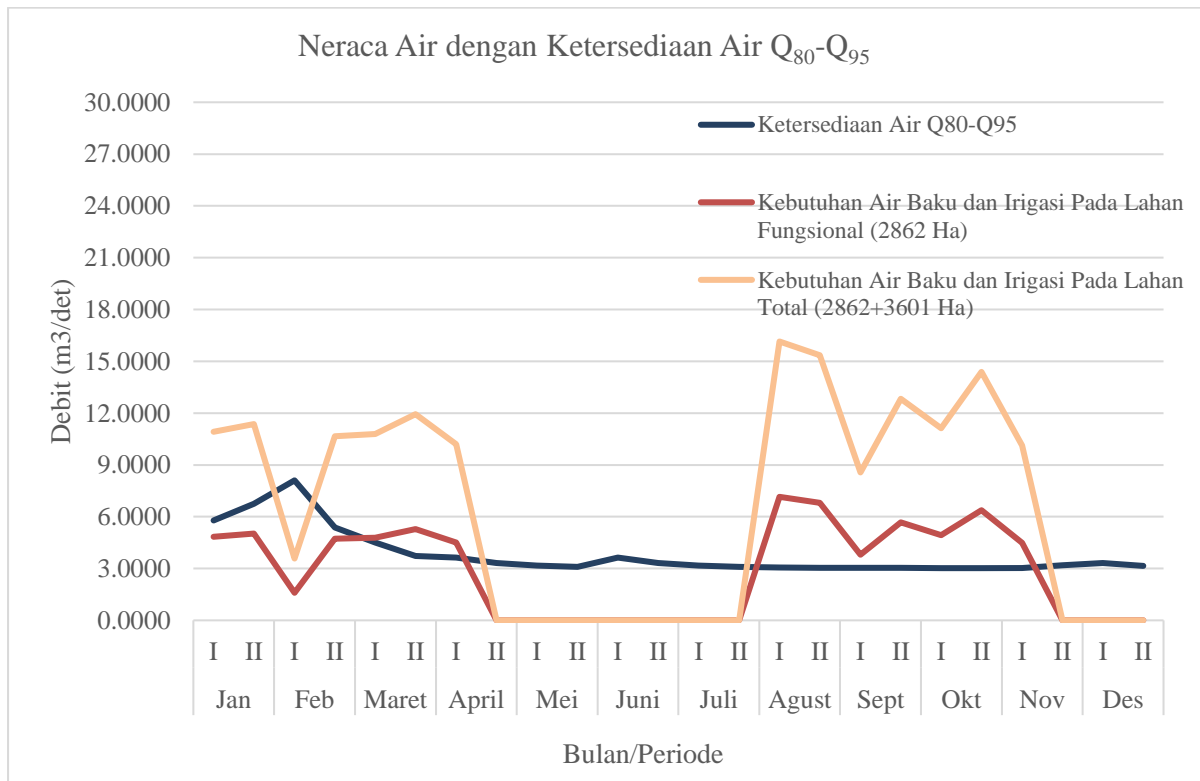
Melihat keseimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air di DAS Sangkub. Dibuat tiga alternatif neraca air.

Dengan kebutuhan air:

- Kebutuhan air baku + air irigasi lahan fungsional
- Kebutuhan air baku + air irigasi lahan total (fungsional + potensial)

Alternatif I :

Jika ketersediaan air Q<sub>80%</sub> dikurangi dengan Q<sub>95%</sub>



Gambar 5. Grafik Neraca Air DAS Sangkub Tahun 2016 untuk Lahan Fungsional dan Lahan Total dengan Ketersediaan Air Q<sub>80%</sub> - Q<sub>95%</sub>

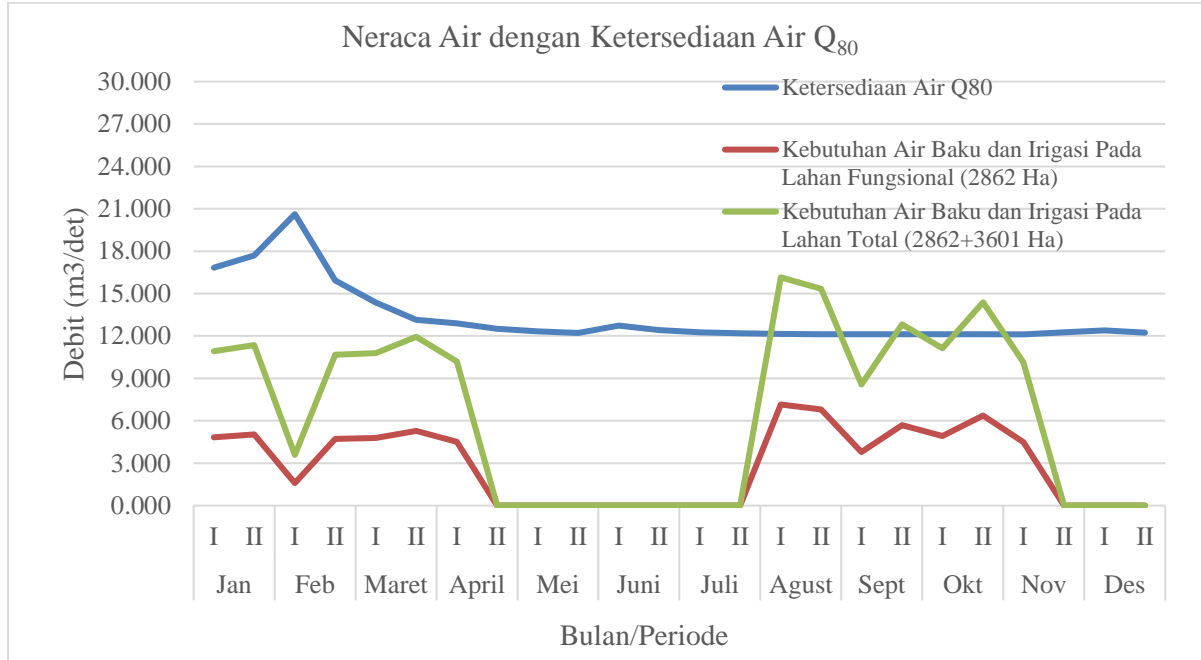
Sumber: Hasil Analisis

Alternatif II :

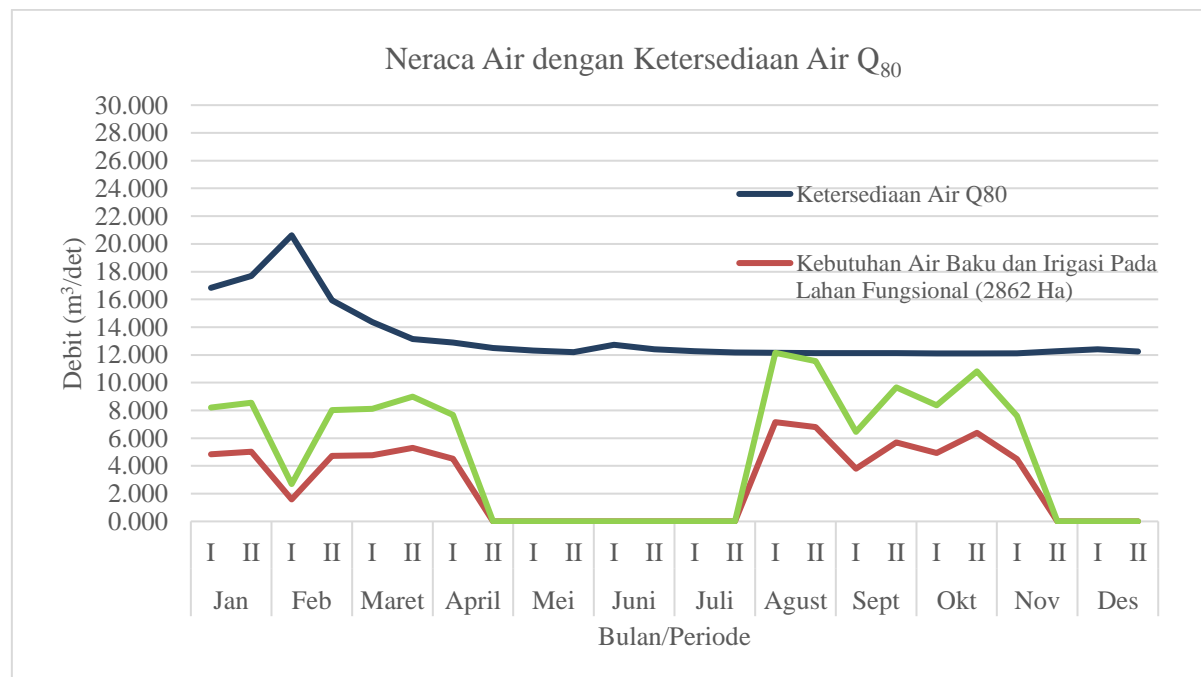
Jika ketersediaan air  $Q_{80\%}$  tanpa memperhitungkan adanya  $Q_{95\%}$  yang harus tersedia di sungai

Dengan kebutuhan air:

- Kebutuhan air baku + air irigasi lahan fungsional
- Kebutuhan air baku + air irigasi lahan total (fungsional + potensial)



Gambar 6. Grafik Neraca Air DAS Sangkub Tahun 2016 untuk Lahan Fungsional dan Lahan Total dengan Ketersediaan Air  $Q_{80\%}$   
 Sumber: Hasil Analisis



Gambar 7. Grafik Neraca Air DAS Sangkub Tahun 2016 untuk Lahan Fungsional dan Lahan Total dengan Ketersediaan Air  $Q_{80\%}$  dengan Luas Lahan Sawah Potensial Maksimum  
 Sumber: Hasil Analisis

Alternatif III :

Jika ketersediaan air  $Q_{80\%}$  digunakan sepenuhnya tanpa memperhitungkan adanya  $Q_{95\%}$  yang harus tersedia di sungai

Dengan kebutuhan air:

- Kebutuhan air baku + air irigasi lahan fungsional
- Kebutuhan air baku + air irigasi lahan potensial maksimum yang bisa dijadikan lahan fungsional

Dari hasil analisis menggunakan bantuan *solver* didapat luas lahan sawah potensial paling maksimum untuk dijadikan lahan sawah fungsional sebesar 2000 Ha

14,360 ; 13,151 ; 12,901 ; 12,501 ; 12,321 ; 12,209 ; 12,728 ; 12,416 ; 12,262 ; 12,182 ; 12,149 ; 12,129 ; 12,121 ; 12,117 ; 12,115 ; 12,114 ; 12,113 ; 12,267 ; 12,401 ; 12,246.

#### **Analisis Kebutuhan Air**

Pada tahap ini dihitung kebutuhan air baku dan air irigasi. Kebutuhan air baku dihitung dengan memproyeksikan jumlah penduduk sampai 20 tahun selanjutnya, hasil analisis regresi diambil trend terbaik yaitu, regresi logaritma yang menunjukkan pertambahan penduduk setiap tahun, maka kebutuhan air pun semakin bertambah. Kebutuhan air irigasi di hitung dengan masa tanam sebanyak 2 kali dalam jangka waktu satu tahun sesuai dengan pola tanam di lokasi penelitian.

### **PEMBAHASAN**

#### **Analisis Hidrologi**

Dalam melakukan perhitungan analisis hidrologi, faktor-faktor yang berperan penting adalah presipitasi dan evapotranspirasi. Presipitasi (hujan) dianalisis dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen* dan data curah hujan minimal 10 tahun untuk mendapatkan curah hujan rata-rata tahunan. Sedangkan, di dalam perhitungan evapotranspirasi diperlukan data klimatologi. Metode yang digunakan adalah Penman-Monteith sesuai dengan ketersediaan data di lapangan. Data curah hujan dan data klimatologi di dapat dari Balai Wilayah Sungai Sulawesi I, dengan data pengamatan selama 14 tahun dari tahun 2002-2015.

#### **Analisis Ketersediaan Air**

Proses analisis ketersediaan air dihitung dengan menggunakan metode *NRECA Modified*, dengan masukkan data utama berupa data curah hujan dan evapotranspirasi. Selain itu perlu diperhatikan pengambilan nilai dari karakteristik daerah tangkapan. Setelah perhitungan menggunakan metode *NRECA Modified* dilakukan proses kalibrasi model menggunakan bantuan *solver*. Dari hasil kalibrasi model didapat parameter-parameter sebagai berikut: Hujan Tahunan = 1604 mm ; C = 0,2; NOMINAL = 421; PSUB = 0,9; GWF = 0,51; Luas DAS = 896,43 km<sup>2</sup>; CROPF = 1,1. Setelah itu, dilakukan perhitungan debit andalan  $Q_{80\%}$  (diambil sesuai KP-01) untuk dibandingkan hasilnya dengan kebutuhan air. Hasil analisis debit andalan  $Q_{80\%}$  di Sungai Sangkub (m<sup>3</sup>/detik) adalah: 16,845 ; 17,696 ; 20,621 ; 15,934 ;

#### **Analisis Neraca Air**

Setelah analisis ketersediaan air Setelah analisis ketersediaan air dan kebutuhan air di dapat, tahap akhir adalah melihat keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air tersebut. Neraca air dihitung dengan membuat alternatif neraca air. Dalam penelitian ini dibuat 3 alternatif neraca air. Hasil analisis neraca air alternatif I, dimana ketersediaan air  $Q_{80\%}$ - $Q_{95\%}$  dalam hal ini  $Q_{95\%}$  merupakan debit yang harus selalu ada di sungai. Untuk lahan fungsional ketersediaan air hanya mampu mencukupi kebutuhan air pada bulan Januari dan Februari tahun 2016 dan untuk lahan total kebutuhan air tidak dapat tercukupi. Neraca air alternatif II dimana, ketersediaan air  $Q_{80\%}$ , dan tidak memperhitungkan  $Q_{95\%}$  mampu mencukupi kebutuhan air untuk lahan fungsional akan tetapi, untuk kebutuhan air lahan total pada bulan Agustus, September II dan Oktober II tidak dapat tercukupi. Dan neraca air alternatif III dimana, ketersediaan air  $Q_{80\%}$  dan luas lahan sawah potensial maksimal yang bisa dijadikan lahan sawah fungsional dibatasi sebesar 2000 Ha sehingga mampu mencukupi semua kebutuhan air.

### **PENUTUP**

#### **Kesimpulan**

1. Ketersediaan air  $Q_{80\%}$  dikurangi dengan  $Q_{95\%}$  tidak dapat mencukupi semua kebutuhan air baku dan air irigasi untuk lahan fungsional, yakni pada bulan-bulan tertentu terjadi defisit

- air yaitu pada bulan, Maret, Agustus, September, Oktober, November I. Jika lahan potensial diolah menjadi lahan fungsional maka defisit air semakin besar.
2. Kebutuhan air irigasi untuk lahan fungsional dan air baku sampai tahun 2035 dapat tercukupi jika ketersediaan air  $Q_{80\%}$  digunakan sepenuhnya tanpa memperhitungkan adanya  $Q_{95\%}$  yang harus selalu ada di sungai. Tapi jika diperhitungkan kebutuhan air irigasi untuk luas lahan total (lahan fungsional ditambah lahan potensial) maka defisit air terjadi pada bulan Agustus, September II dan Oktober II.
  3. Kebutuhan air baku maupun air irigasi dapat tercukupi jika luas lahan sawah potensial

yang dijadikan lahan sawah fungsional hanya digunakan sebesar 2000 Ha.

#### Saran

1. Apabila lahan potensial sepenuhnya dimanfaatkan untuk keperluan irigasi, perlu adanya sistem golongan. Sistem golongan dapat berupa pembagian luas areal tanam, dimana penanaman di sebagian lahan dilakukan pada bulan April II – Agustus I.
2. Untuk mengatasi kekurangan air yang terjadi, maka sebaiknya di bangun waduk untuk menampung air selama musim hujan sehingga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada bulan-bulan yang mengalami kekurangan air.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Kandey, D. S. 2015. *Optimalisasi Pemanfaatan Sungai Polimaan Untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Irigasi*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mokobombang, M. E. 2017. *Analisis Neraca Air Sungai Kinali Di Titik Bendung Kinali Ongkang Kabupaten Bolaang Mongondow*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Ray, L.K. dan Joseph B.F., 1989. *Hidrologi Untuk Insinyur*. Erlangga. Jakarta.
- Ray, L.K. dan Joseph B.F., 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. Erlangga. Jakarta.
- Soemarto. 1995. *Hidrologi Teknik*. Erlangga. Jakarta.
- Sri Harto Br., 1993. *Analisis Hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sri Harto. 2000. *Hidrologi Teori Masalah Penyelesaian*. Nafiri. Yogyakarta.
- Sumarauw, J. S. F. 2014. *Bahan Ajar Model Rainfall-Runoff NRECA*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.