

ANALISIS NERACA SUMBER DAYA AIR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) (Studi Kasus pada DAS Ngunggahan)

Yopi Adi Firmanda¹⁾, Rintis Hadiani²⁾, Agus Prijadi Saido³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Pengajar Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: yopifirmanda@gmail.com

Abstract

The development of an area is directly proportional to the level of population growth and increasing water demand. One of them is the Ngunggahan watershed which flow into the Wonogiri reservoir. This phenomenon is not compatible with the availability of water, the amount will either remain constant or decrease over time. The lack of information and inappropriate management make the water requirements in the Ngunggahan watershed unfulfilled. This study aimed to create a water resources balance sheet map in 2019 based on GIS (Geographic Information System). The method used for the simulation of water discharge was Mock 15 daily by dividing the watershed into 3 small Sub-watersheds.

The results of the study showed two different water balance. The water balance in 2019 with the assumption that all water requirements was fulfilled from river discharge showed deficiency in all watersheds. Sub-watershed 1 had water availability of $1517,79 \times 10^8$ liters/year and water needs of $5695,45 \times 10^8$ liters/year, Sub-watershed 2 had water availability of $640,89 \times 10^8$ liters/year and water needs of $2876,95 \times 10^8$ liters/year, Sub-watershed 3 had water availability of $439,69 \times 10^8$ liters / year and water needs of $1315,31 \times 10^8$ liters/year. Therefore the map was red in all sub-watersheds sheet. While the water balance without considering irrigation water was also calculated with the assumption that the need for irrigation water was fulfilled from Parangjoho and Kedunguling reservoir. The results of calculations showed that Sub-watershed 1 had water availability of $1517,79 \times 10^8$ liters/year and water needs of $1439,02 \times 10^8$ liters/year, Sub-watershed 2 had water availability of $934,80 \times 10^8$ liters / year and water needs of $1062,18 \times 10^8$ liters /year, Sub-watershed 3 had water availability $733,60 \times 10^8$ liters/year and water needs $372,05 \times 10^8$ liters/year. Therefore the maps were orange in Sub-watersheds 1 and 3, while it was red in Sub-watersheds 2.

Keywords: *Water Resources Balance, Mock Method, GIS (Geographic Information System).*

Abstrak

Perkembangan suatu daerah berbanding lurus dengan tingkat pertumbuhan penduduk serta meningkatnya kebutuhan air. Salah satunya adalah DAS Ngunggahan yang bermuara di waduk Wonogiri. Fenomena ini tidak sejalan dengan ketersediaan air yang semakin lama jumlahnya tetap, bahkan berkurang. Minimnya informasi serta pengelolaan yang kurang tepat membuat tidak terpenuhinya kebutuhan air pada DAS Ngunggahan. Penelitian ini mencoba membuat peta neraca sumber daya air tahun 2019 berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis). Metode yang digunakan untuk simulasi debit adalah Mock 15 harian dengan membagi DAS menjadi 3 sub DAS kecil.

Hasil dari penelitian menunjukkan terjadinya dua neraca yang berbeda. Neraca sumber daya air tahun 2019 dengan asumsi semua kebutuhan air dipenuhi dari debit sungai menunjukkan terjadinya defisit disemua Sub DAS. Sub DAS 1 memiliki ketersediaan air sebesar $1517,79 \times 10^8$ liter/tahun dan kebutuhan air $5695,45 \times 10^8$ liter/tahun, Sub DAS 2 memiliki ketersediaan air $640,887 \times 10^8$ liter/tahun dan kebutuhan air $2876,95 \times 10^8$ liter/ tahun, Sub DAS 3 memiliki ketersediaan air $439,69 \times 10^8$ liter/ tahun dan kebutuhan air $1315,31 \times 10^8$ liter/ tahun. Sehingga peta berwarna merah disemua Sub DAS. Sedangkan neraca sumber daya air tanpa mempertimbangkan air irigasi juga dihitung dengan asumsi kebutuhan air irigasi dipenuhi dari waduk Parangjoho dan Kedunguling. Hasil perhitungan menunjukkan Sub DAS 1 memiliki ketersediaan air $1517,79 \times 10^8$ liter/ tahun dan kebutuhan air $1439,02 \times 10^8$ liter/ tahun, Sub DAS 2 memiliki ketersediaan air $934,80 \times 10^8$ liter/ tahun dan kebutuhan air $1062,18 \times 10^8$ liter/tahun, Sub DAS 3 memiliki ketersediaan air $733,60 \times 10^8$ liter/tahun dan kebutuhan air $372,05 \times 10^8$ liter/ tahun. Sehingga peta berwarna oranye pada Sub DAS 1 dan 3, sedangkan Sub DAS 2 berwarna merah.

Kata Kunci : Neraca Sumber Daya Air, Metode Mock, SIG (Sistem Informasi Geografis)

PENDAHULUAN

Perkembangan suatu daerah berbanding lurus dengan tingkat pertumbuhan penduduk serta meningkatnya kebutuhan hidup. Salah satunya adalah kebutuhan akan air. Setiap aktivitas dan pemenuhan kebutuhan pangan manusia tidak bisa terlepas dari air. Manusia tidak bisa mengelak atas tuntutan tersebut, namun harus dapat memaksimalkan setiap potensi/sumber daya yang ada dengan baik (Indra, 2011).

Kenyataan dilapangan menunjukkan bahwa manusia belum bisa mendayagunakan air dengan baik. Terbukti dengan terjadinya bencana banjir saat musim penghujan dan kekeringan saat musim kemarau. Air permukaan masih menjadi pilihan utama dalam pemenuhan kebutuhan air, misal untuk irigasi, perikanan dan kebutuhan rumah tangga. Disamping itu, ada ketidakseimbangan antara tingkat ketersediaan air dan tingkat kebutuhan air diwaktu-waktu tertentu.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ngunggahan merupakan salah satu Sub DAS hulu dari DAS Bengawan Solo yang bermuara di waduk Wonogiri. Terletak di Kabupaten Wonogiri bagian barat. Secara geografis berada diantara 7°57'32,55" LS – 110°50'40,15" BT. Luas DAS sebesar 49,97 km². DAS Ngunggahan memberikan kontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan air didalam DAS juga terhadap debit yang masuk kedalam waduk Wonogiri. Apabila debit yang tersedia tidak bisa mencukupi tingkat kebutuhan air di DAS Ngunggahan, maka dapat berdampak buruk pada aktivitas pemenuhan kehidupan di DAS Ngunggahan dan debit yang masuk ke Waduk Wonogiri. Hal ini yang mengakibatkan bencana kekeringan.

Mahendra (2013) pernah melakukan penelitian tentang neraca air di DAS Ngunggahan, namun tidak sampai pada pembuatan peta. Penelitian kali ini mencoba memberikan kebaruan informasi neraca air dan juga menyajikannya dalam bentuk peta yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Saat ini penginformasian sungai berbasis digital *Geographic Information System (GIS)* sangat dibutuhkan semua kalangan, baik itu masyarakat maupun instansi pemerintah. Harapannya, hasil yang didapatkan bisa membantu proses pengambilan keputusan dalam rangka pengelolaan sumber daya air di DAS Ngunggahan.

LANDASAN TEORI

Air merupakan sumber daya alam esensial, yang sangat dibutuhkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Dengan air, maka bumi menjadi planet dalam tata surya yang memiliki kehidupan. Air bertransformasi melalui daur hidrologi (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

Sebagai sistem hidrologi, Daerah Aliran Sungai (DAS) menerima *input* berupa hujan kemudian memprosesnya sesuai dengan karakteristiknya menjadi aliran. Hujan yang jatuh dalam satu DAS sebagian akan jatuh pada permukaan vegetasi, permukaan tanah atau badan air (Triatmodjo, 2010).

Masalah dalam suatu DAS adalah kekritisian air yang berdampak pada bagian hulu, tengah maupun hilir. Kaitan antara proses hidrologi dengan sistem DAS digambarkan dengan hubungan antara hujan sebagai *input* dan aliran sebagai *output*-nya (Purnama, *et al.*, 2012). Apabila dalam suatu DAS *input* lebih kecil dari pada *output*, maka bisa dikatakan DAS tersebut pada kondisi defisit air.

Simulasi Mock merupakan model hidrologi yang digunakan untuk menganalisis sistem DAS sebagai respon hidrologi. Keuntungan model ini adalah hasil analisis yang akurat, karena banyak memperhitungkan faktor keadaan alam. Sedangkan parameter yang dicari juga banyak, membuat tidak dapat digunakannya metode ini apabila data tidak lengkap. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suncaka (2013), simulasi hujan-debit metode Mock 15 harian memiliki keandalan yang tinggi dibanding dengan 5, 10 atau 30 harian dengan korelasi yang perbedaannya tidak terlalu signifikan.

Neraca air merupakan selisih antara ketersediaan air (*input*) dengan aliran (*output*) yang keluar pada suatu sistem tertentu (Harto, 2000). Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Mahendra (2013) tentang neraca air di DAS Ngunggahan perlu diperbaharui demi memberikan kebaruan informasi kepada masyarakat dan instansi terkait.

Hujan Prediksi Metode *Seasonal Auto Regression Integrated Moving Average (SARIMA)*

Penelitian ini akan memprediksi curah hujan tahun 2018 dan 2019. Metode yang dipakai untuk memprediksi curah hujan adalah metode *Seasonal Auto Regression Integrated Moving Average (SARIMA)*. Metode SARIMA adalah suatu *time series* $\{Z_t | t=1, 2, \dots, k\}$ dibangkitkan dari proses (p,d,q) $(P,D,Q)_s$, dengan (p,d,q) bagian yang tidak musiman, $(P,D,Q)_s$ bagian yang musiman dan "s" adalah jumlah periode per musim. Persamaan SARIMA dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\phi_p B^s \phi_p(B) (1-B)^d (1-B^s)^D Z_t = \theta_q(B) \Theta_q(B^s) a_t \dots \dots \dots (1)$$

dimana,
 $\Phi_p(B^S)$ = AR seasonal,
 $\Phi_p(B)$ = AR non-seasonal,
 $(1 - B)^d$ = differencing non-seasonal,
 $(1 - B^S)^D$ = differencing seasonal,
 $\theta_q(B)$ = MA non-seasonal,
 $\Theta_q(B^S)$ = MA seasonal,
 a_t = nilai *residual* pada saat t,
 Z_t = data *time series* pada waktu ke t.

Simulasi Hujan-Debit Metode Mock

Model Mock digunakan untuk mengubah curah hujan dengan mempertimbangkan evapotranspirasi, kelembaban dan penyimpanan tanah menjadi debit aliran (Mock, 1973). Penelitian ini menggunakan metode Mock 15 harian karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suncaka (2013), metode Mock 15 harian cukup andal dibanding dengan metode Mock 5, 10 atau 30 harian.

Langkah perhitungan metode Mock yaitu :

- menghitung evapotranspirasi potensial
- menghitung *limited evapotranspiration*
- menghitung *water balance*
- menghitung aliran dasar dan limpasan langsung.

Kebutuhan Air untuk Pemeliharaan Sungai

Berdasarkan SNI 6728.1:2015 debit andalan 95% digunakan untuk mengendalikan ketersediaan air sebagai upaya perlindungan aliran pemeliharaan sungai. Debit 95% adalah aliran air yang ada dalam 95% waktu pengamatan atau paling banyak kemungkinan hanya 5% aliran tersebut tidak tercapai.

Kebutuhan Air untuk RKI (Rumah Tangga, Perkotaan dan Industri)

Kebutuhan Air Rumah Tangga

Sebelum menghitung kebutuhan air untuk penduduk, perlu dihitung dulu proyeksi pertumbuhan penduduk pada tahun ke-n berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS). Proyeksi pertumbuhan penduduk pada tahun ke-n bisa dicari dengan rumus berikut :

$$P_n = P_0 + \{1 + (r \cdot n)\} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

- Pn = jumlah penduduk setelah n tahun ke depan,
- P0 = jumlah penduduk pada tahun awal,
- r = angka pertumbuhan penduduk,
- n = jangka waktu dalam tahun.

Kebutuhan Air Perkotaan (Komersial dan Sosial) – Non Domestik

Berdasarkan SNI 6728.1:2015 kebutuhan air untuk perkotaan yang meliputi komersial dan sosial seperti toko, gudang, sekolah, rumah sakit, hotel dan sebagainya diasumsikan antara 15% sampai 30% dari total air pemakaian air bersih rumah tangga. Semakin padat jumlah penduduk maka semakin besar pula tingkat kebutuhan airnya.

Kebutuhan Air Industri

Berdasarkan SNI 6728.1:2015 kebutuhan air industri dapat diperhitungkan berdasarkan:

- jumlah karyawan,
- luas air industri,
- jenis/tipe industri.

Kebutuhan Air Perikanan

Berdasarkan SNI 6728.1:2015 kebutuhan air untuk perikanan dipengaruhi oleh luas kolam, jenis kolam dan kedalaman kolam. Rumus untuk menghitung kebutuhan air perikanan adalah sebagai berikut :

$$Q_{fp} = \frac{q_{(fp)}}{1000} \times A_{(fp)} \times 10\,000 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

Q_{fp} = kebutuhan air untuk perikanan (m³/hari),

$q_{(fp)}$ = kebutuhan air untuk pembilasan (liter/hari/ha),

$A_{(fp)}$ = luas kolam ikan (ha).

Kebutuhan Air Peternakan

Berdasarkan SNI 6728.1:2015 kebutuhan air untuk peternakan memperhatikan jenis ternak dan jumlah ternak. Secara umum kebutuhan airnya bisa diestimasi dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_e = (q_{(1)} \times P_{(1)} + q_{(2)} \times P_{(2)} + q_{(3)} \times P_{(3)}) \dots\dots\dots (4)$$

keterangan :

- Q_e = kebutuhan air untuk ternak (liter/hari),
- $q_{(1)}$ = kebutuhan air untuk sapi, kerbau dan kuda (liter/ekor/hari),
- $q_{(2)}$ = kebutuhan air untuk kambing dan domba (liter/ekor/hari),
- $q_{(3)}$ = kebutuhan air untuk unggas (liter/ekor/hari),
- $P_{(1)}$ = jumlah sapi, kerbau dan kuda (ekor),
- $P_{(2)}$ = jumlah kambing dan domba (ekor),
- $P_{(3)}$ = jumlah unggas (ekor).

Kebutuhan Air untuk Irigasi

Kebutuhan air untuk irigasi memperhatikan jadwal pola tanam, data areal tanam, evapotranspirasi acuan, hujan efektif, jenis tanah dan efisiensi saluran irigasi. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan data pengambilan dari bendung-bendung yang datanya tersedia.

Berdasarkan SNI 6728.1:2015, besarnya kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$IG = \frac{(Etc+IR+RW+P-ER)}{IE} \times A \dots\dots\dots (5)$$

dengan:

- IG = kebutuhan air irigasi (m^3),
- Etc = kebutuhan air konsumtif (mm/hari),
- IR = kebutuhan air untuk penyiapan lahan (mm/hari),
- RW = kebutuhan air untuk mengganti lapisan air (mm/hari),
- P = perkolasi (mm/hari),
- ER = hujan efektif (mm/hari),
- IE = efisiensi irigasi (-),
- A = luas areal irigasi (m^2).

Neraca Sumber Daya Air

Neraca sumber daya air merupakan selisih antara ketersediaan air dengan aliran yang keluar pada suatu sistem tertentu (Harto, 2000).

$$\text{Neraca} = Q \text{ Ketersediaan} - Q \text{ Kebutuhan} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- Neraca = Neraca sumber daya air (surplus jika hasil persamaan adalah positif dan defisit apabila hasil persamaan adalah negatif)
- Q ketersediaan = Debit ketersediaan air,
- Q kebutuhan = Debit kebutuhan air.

Peta Neraca Sumber Daya Air

Peta neraca sumber daya air adalah peta dengan informasi yang disajikan berupa imbalan potensi, ketersediaan dan penggunaan daya air dalam kurun waktu bulanan maupun tahunan (SNI 6728.1:2015).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Penelitian ini diawali dengan membuat peta kerja, menghitung debit ketersediaan air dengan simulasi hujan-debit menggunakan metode Mock 15 harian, menghitung kebutuhan air, menghitung neraca sumber daya air dan membuat peta neraca sumber daya air.

Lokasi penelitian di DAS Ngungghahan Wonogiri dengan memanfaatkan data sekunder, yaitu :

- a. Informasi geospasial dasar Kabupaten Wonogiri skala 1:25.000 dari Ina-Geoportal,
- b. Peta daerah aliran sungai (DAS) Ngungghahan skala 1:25.000 dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo,

- c. Lokasi stasiun hujan dan iklim di area DAS Ngunggahan dari DPUPR Kabupaten Wonogiri,
- d. Peta lokasi bangunan-bangunan air dari Ina-Geoportal,
- e. Data curah harian tahun 2008-2017 stasiun hujan Eromoko, Kedunguling dan Wuryantoro dari DPUPR Kabupaten Wonogiri,
- f. Data klimatologi 2008-2017 dari Balai PUSDATARU Bengawan Solo,
- g. Peta tata guna lahan DAS Ngunggahan dari Ina-Geoportal,
- h. Data demografi Kabupaten Wonogiri dari BPS Wonogiri,
- i. Data peternakan dan perikanan Kabupaten Wonogiri dari BPS Wonogiri,
- j. Data perindustrian Kabupaten Wonogiri dari BPS Wonogiri,
- k. Data irigasi yang meliputi data pola tanam pertanian dan luas daerah irigasi dari citra satelit *google earth*, DPUPR Kabupaten Wonogiri dan Kementerian Pertanian Indonesia.

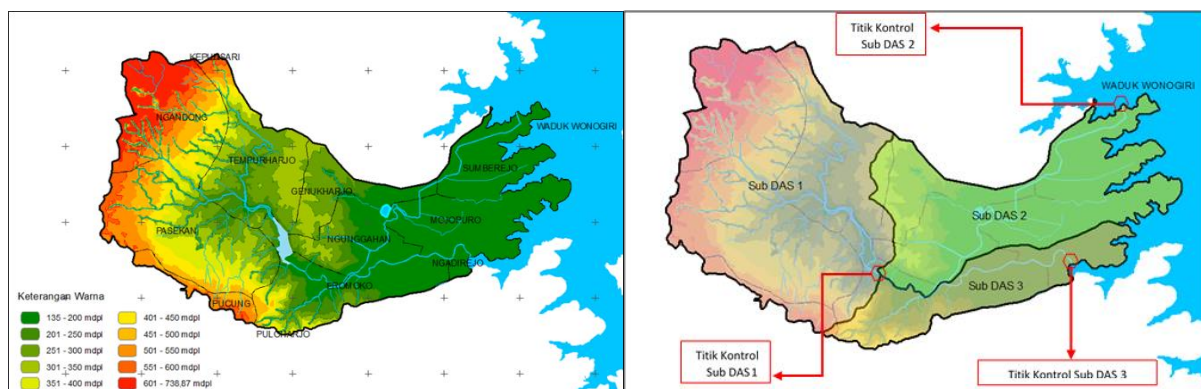
Software yang digunakan untuk membantu analisis adalah :

- a. *Microsoft Excel* untuk proses perhitungan ketersediaan air, kebutuhan air dan neraca air,
- b. *Cropwat* untuk menghitung nilai evapotranspirasi,
- c. *Minitab* untuk menghitung prediksi curah hujan tahun 2018 dan 2019,
- d. *ArcGIS* untuk pengolahan peta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Peta Kerja

Informasi geospasial dasar Kabupaten Wonogiri didapatkan dari website in-geoportal. Data tersebut berupa batas administrasi, kontur, transportasi, sungai dan tutupan lahan dengan ekstensi (.shp). Peta kerja dibuat menggunakan *software ArcGIS* dengan mengolah *shapefile* Kabupaten Wonogiri dengan data lain, yaitu berupa batas DAS Ngunggahan, informasi lokasi bangunan air serta informasi koordinat stasiun hujan dan iklim. Analisis neraca sumber daya air pada DAS Ngunggahan akan dilakukan dengan membagi DAS, menjadi beberapa Sub DAS. Hal ini disebabkan DAS Ngunggahan memiliki 2 *outlet* dibagian hilirnya. Karena luas wilayah yang tidak terlalu besar, maka DAS Ngunggahan ini akan dibagi menjadi 3 Sub DAS.



Gambar 1 Peta *Digital Elevating Model* (DEM) (kiri) dan Peta Pembagian Sub DAS Ngunggahan (kanan)

Ketersediaan Air

Perhitungan ketersediaan air dimulai dengan mengubah data hujan harian menjadi 15 harian. Setelah itu menghitung hujan wilayah menggunakan metode *Polygon Thiessen* dilanjutkan memprediksi hujan tahun 2018 dan 2019 menggunakan metode *SARIMA* (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*).

Data debit lapangan tidak ditemukan sehingga perlu melakukan simulasi hujan-debit metode Mock 15 harian. Perhitungan Mock pada DAS Ngunggahan menggunakan beberapa parameter data, diantaranya $CA = 26,58 \text{ km}^2$, $SMC = 150 \text{ mm}$, $k = 0,15$ dan $i = 0,85$. Berikut contoh hasil perhitungan pada Sub DAS 1 bulan Januari ke-2. Pertama, menghitung nilai evapotranspirasi terbatas (ET), didapatkan sebesar 52,48 mm. Selanjutnya *water balance* yang didapatkan dari perhitungan sebesar 0 mm/bln. *Run off* dari perhitungan sebesar 19,63 mm. Tahap terakhir simulasi Mock didapatkan nilai *effective discharge* pada bulan Januari ke-2 sebesar 380 liter/dt.

Hasil dari simulasi Mock adalah debit dengan runtut waktu sebanyak jumlah tahun pada data. Debit yang dipakai sebagai debit ketersediaan tahun 2019 adalah debit yang memiliki keandalan 80% (Q80). Debit dengan probabilitas 80% dihitung dengan menggunakan metode *Basic Month* dan Weibull. Hasil perhitungan Q80 pada semua Sub DAS dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 sebagai *Qin*.

Kebutuhan Air

Kebutuhan air yang dihitung meliputi kebutuhan air pemeliharaan sungai, kebutuhan air RKI (rumah tangga, perkotaan dan industri), kebutuhan air perikanan, kebutuhan air peternakan dan kebutuhan air irigasi. Perhitungan kebutuhan air tersebut menggunakan persamaan yang ada pada SNI 6728.1:2015. Contoh hasil perhitungan kebutuhan air pada Sub DAS 1 akan disajikan pada tabel 1.

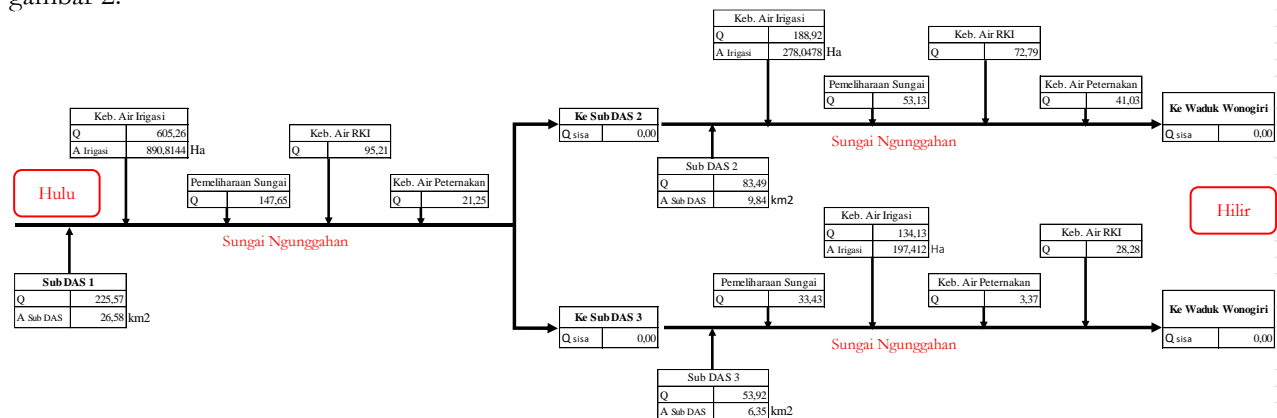
Tabel 1 Hasil Perhitungan Kebutuhan Air pada Sub DAS 1 Tahun 2019

Periode		Sub DAS 1 (Liter/dt)					Total
		$Q_{\text{pemeliharaan}}$	Q_{RKI}	$Q_{\text{perikanan}}$	$Q_{\text{peternakan}}$	Q_{irigasi}	
Jan	I	148	95	0	21	605	869
	II	0	102	0	23	1523	1647
Feb	I	766	95	0	21	1190	2072
	II	330	83	0	18	0	431
Mar	I	0	95	0	21	93	210
	II	0	102	0	23	208	333
Apr	I	0	95	0	21	208	324
	II	328	95	0	21	243	687
Mei	I	0	95	0	21	270	387
	II	0	102	0	23	0	124
Jun	I	0	95	0	21	0	116
	II	0	95	0	21	0	116
Jul	I	0	95	0	21	0	116
	II	0	102	0	23	0	124
Ags	I	0	95	0	21	0	116
	II	0	102	0	23	0	124
Sep	I	0	95	0	21	0	116
	II	0	95	0	21	985	1101
Okt	I	0	95	0	21	1980	2096
	II	0	102	0	23	1899	2024
Nop	I	156	95	0	21	1237	1510
	II	0	95	0	21	1013	1129
Des	I	0	95	0	21	1047	1164
	II	2	102	0	23	995	1121
Jumlah		1729	2317	0	517	13497	18060

Selanjutnya total hasil perhitungan kebutuhan air pada ke-3 Sub DAS dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 sebagai Q_{out} .

Neraca Sumber Daya Air

Perhitungan neraca sumber daya air didasarkan pada analisis keseimbangan ketersediaan air sungai dan kebutuhan air di DAS Ngunggahan. Contoh skema aliran sungai dan pembagian air di DAS Ngunggahan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Contoh Skema Neraca Sumber Daya Air Bulan Januari ke I pada DAS Ngunggahan

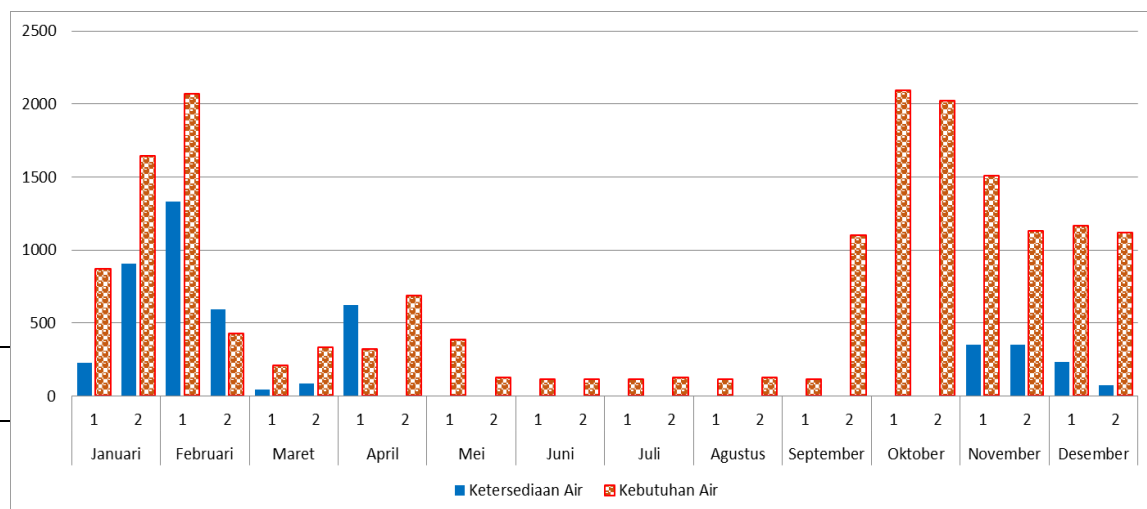
Terdapat 2 waduk didalam DAS Ngunggahan, yaitu waduk Parangjoho di Sub DAS 1 dan waduk Kedunguling di Sub DAS 2. Dalam analisis, debit dari kedua waduk tersebut tidak diperhitungkan, sehingga neraca sumber daya air dibagi menjadi dua. Yaitu neraca sumber daya air dengan asumsi semua kebutuhan air dipenuhi dari debit perhitungan (sungai) dan neraca sumber daya air dengan asumsi kebutuhan air irigasi sudah dipenuhi dari waduk Parangjoho dan Kedunguling.

Tabel 2 Neraca Sumber Daya Air Tahun 2019 dengan Asumsi Semua Kebutuhan Air Dipenuhi dari Sungai

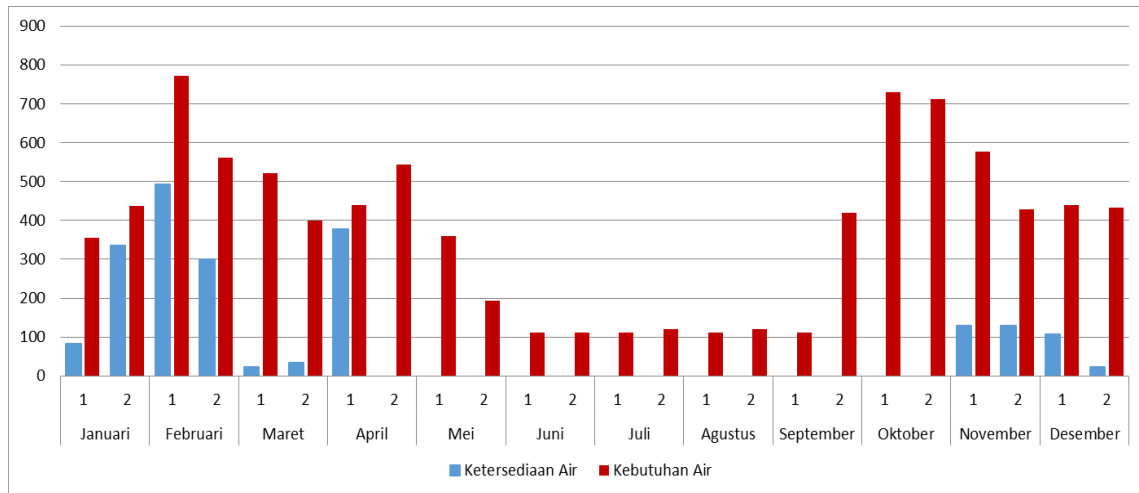
Periode	Sub DAS 1 (Liter/dt)			Sub DAS 2 (Liter/dt)			Sub DAS 3 (Liter/dt)			
	<i>Q_{in}</i>	<i>Q_{out}</i>	Saldo	<i>Q_{in}</i>	<i>Q_{out}</i>	Saldo	<i>Q_{in}</i>	<i>Q_{out}</i>	Saldo	
Jan	I	226	869	-644	83	356	-272	54	199	-145
	II	904	1647	-744	334	438	-104	216	371	-155
Feb	I	1333	2072	-739	493	771	-278	319	467	-148
	II	592	431	161	299	561	-261	222	101	121
Mar	I	46	210	-164	22	521	-500	14	52	-38
	II	85	333	-247	34	400	-366	22	80	-58
Apr	I	625	324	301	378	438	-60	298	78	220
	II	0	687	-687	0	543	-543	0	164	-164
Mei	I	0	387	-387	0	360	-360	0	92	-92
	II	0	124	-124	0	194	-194	0	34	-34
Jun	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
Jul	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	124	-124	0	120	-120	0	34	-34
Ags	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	124	-124	0	120	-120	0	34	-34
Sep	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	1101	-1101	0	420	-420	0	250	-250
Okt	I	0	2096	-2096	0	730	-730	0	470	-470
	II	0	2024	-2024	0	712	-712	0	455	-455
Nop	I	349	1510	-1161	129	576	-447	83	356	-273
	II	349	1129	-781	129	428	-299	83	256	-173
Des	I	235	1164	-929	107	439	-332	69	264	-195
	II	71	1121	-1050	23	434	-411	15	257	-242
Total		4813	18060	-13247	2032	9123	-7091	1394	4171	-2777

Tabel 2 menunjukkan neraca sumber daya air dengan asumsi semua kebutuhan air dipenuhi dari sungai. Pada Sub DAS 1 surplus air terjadi pada bulan Februari ke II, yaitu 161 liter/dt dan April ke I sebesar 301 liter/dt. Pada Sub DAS 2 tidak terdapat surplus sama sekali. Pada Sub DAS 3 surplus air terjadi pada bulan Februari ke II, yaitu 121 liter/dt dan April ke I yaitu 220 liter/dt.

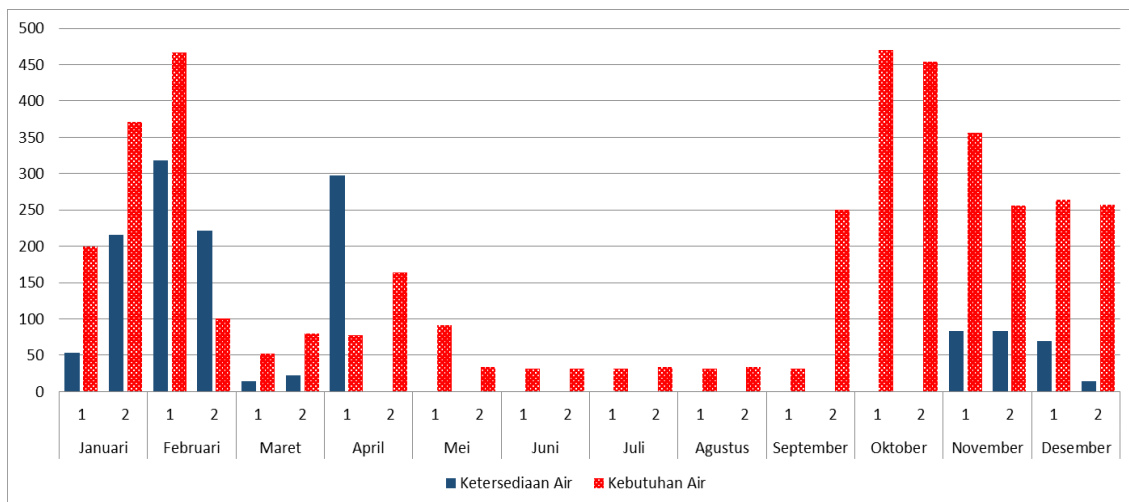
Grafik ketersediaan dan kebutuhan air tengah bulanan tahun 2019 dengan asumsi semua kebutuhan air dipenuhi dari sungai disajikan pada gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air dengan Asumsi Semua Kebutuhan Air Dipenuhi dari Sungai pada Sub DAS 1



Gambar 4 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air dengan Asumsi Semua Kebutuhan Air Dipenuhi dari Sungai pada Sub DAS 2



Gambar 5 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air dengan Asumsi Semua Kebutuhan Air Dipenuhi dari Sungai pada Sub DAS 3

Neraca dengan asumsi kebutuhan air irigasi sudah dipenuhi dari waduk dapat dilihat pada Tabel 3.

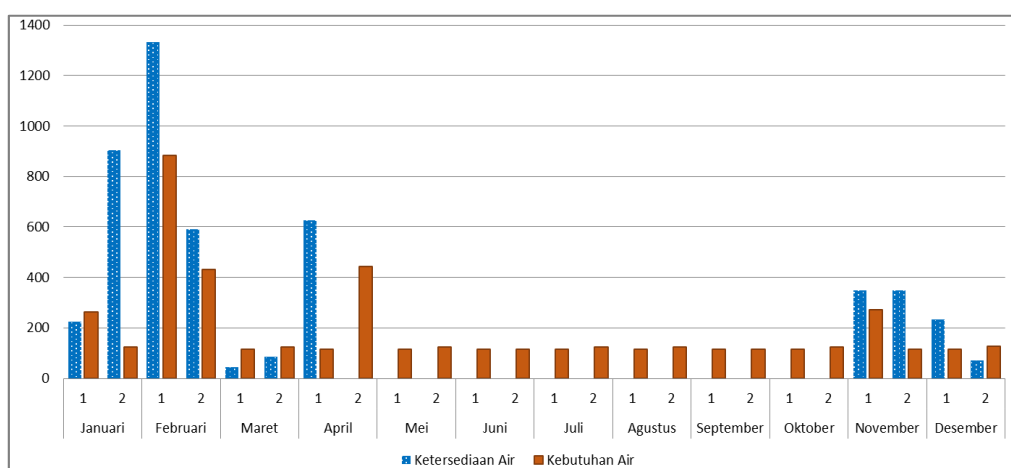
Tabel 3 Neraca Sumber Daya Air Tahun 2019 dengan Asumsi Kebutuhan Air Irigasi Dipenuhi dari Waduk

Periode	Sub DAS 1 (Liter/dt)			Sub DAS 2 (Liter/dt)			Sub DAS 3 (Liter/dt)			
	<i>Q_{in}</i>	<i>Q_{out}</i>	Saldo	<i>Q_{in}</i>	<i>Q_{out}</i>	Saldo	<i>Q_{in}</i>	<i>Q_{out}</i>	Saldo	
Jan	I	226	264	-39	83	167	-83	54	65	-11
	II	904	124	779	724	120	605	606	34	572
Feb	I	1333	883	450	718	378	341	544	203	341
	II	592	431	161	299	212	88	222	101	121

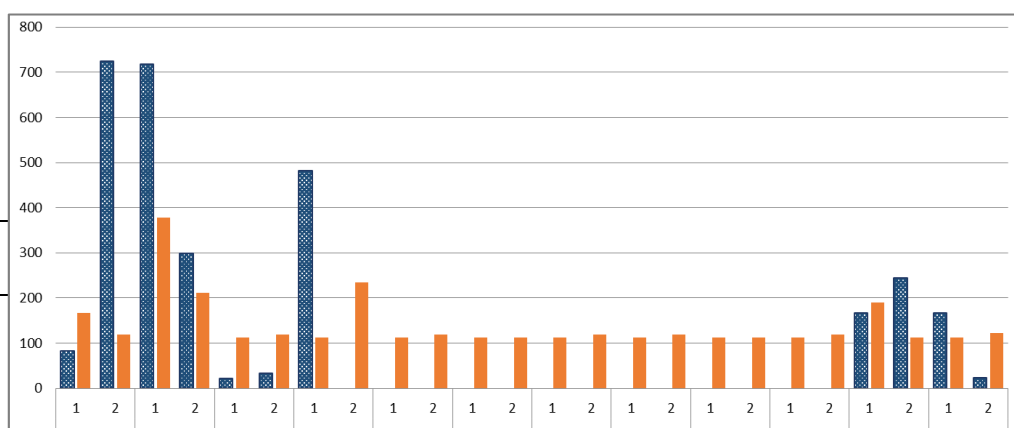
Mar	I	46	116	-71	22	112	-91	14	32	-18
	II	85	124	-39	34	120	-86	22	34	-12
Apr	I	625	116	509	482	112	370	401	32	370
	II	0	445	-445	0	234	-234	0	110	-110
Mei	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	124	-124	0	120	-120	0	34	-34
Jun	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
Jul	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	124	-124	0	120	-120	0	34	-34
Ags	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	124	-124	0	120	-120	0	34	-34
Sep	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
Okt	I	0	116	-116	0	112	-112	0	32	-32
	II	0	124	-124	0	120	-120	0	34	-34
Nop	I	349	272	76	167	190	-23	121	82	40
	II	349	116	232	245	112	133	199	32	168
Des	I	235	116	118	166	112	54	128	32	97
	II	71	126	-55	23	123	-100	15	36	-21
Total		4813	4563	250	2964	3368	-404	2326	1180	1146

Tabel 3 merupakan neraca sumber daya air dengan asumsi kebutuhan air irigasi dipenuhi dari waduk. Pada Sub DAS 1 surplus air terjadi pada bulan Januari ke II, Februari ke I & II, April ke I, November ke I & II, serta Desember ke I. Pada Sub DAS 2 surplus air terjadi pada bulan Januari ke II, Februari ke I & II, April ke I, November ke II, dan Desember ke I. Pada Sub DAS 3 surplus air terjadi pada bulan Januari ke II, Februari ke I & II, April ke I, November ke I & II, serta Desember ke I.

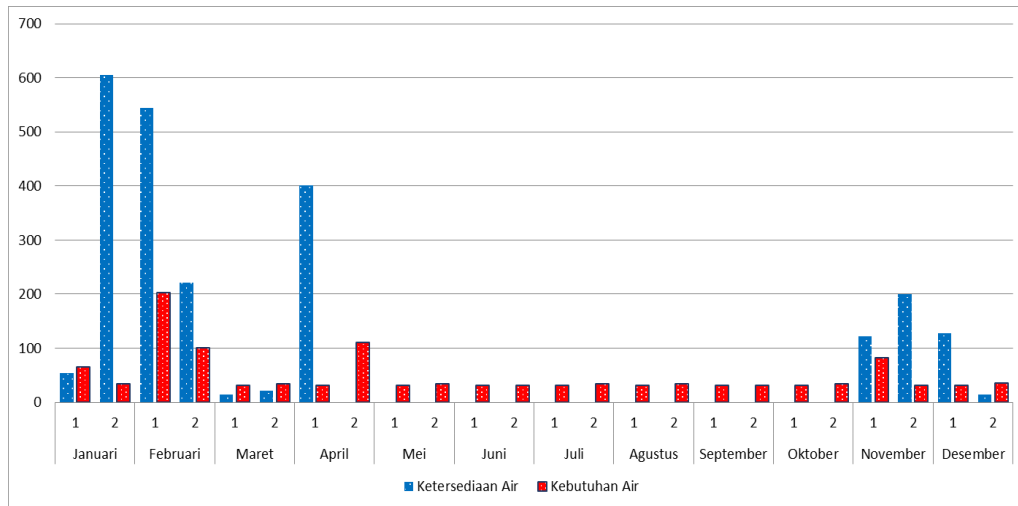
Grafik ketersediaan dan kebutuhan air tengah bulanan tahun 2019 dengan asumsi kebutuhan air irigasi dipenuhi dari waduk disajikan pada gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air dengan Asumsi Kebutuhan Air Irigasi Dipenuhi dari Waduk pada Sub DAS 1



Gambar 7 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air dengan Asumsi Kebutuhan Air Irigasi Dipenuhi dari Waduk pada Sub DAS 2



Gambar 8 Grafik Ketersediaan dan Kebutuhan Air dengan Asumsi Kebutuhan Air Irigasi Dipenuhi dari Waduk pada Sub DAS 3

Peta Neraca Sumber Daya Air

Pemetaan dilakukan menggunakan bantuan *software ArcGIS*. Notasi warna didasarkan pada SNI 6729.1:2015 tentang neraca sumber daya air. Beberapa ketentuan notasi warna adalah sebagai berikut :

- Merah = $< 0 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Oranye = $0 - 100 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Kuning = $101 \times 10^6 - 500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Hijau = $501 \times 10^6 - 1000 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Biru Muda = $1001 \times 10^6 - 1500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$
- Biru Tua = $> 1500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

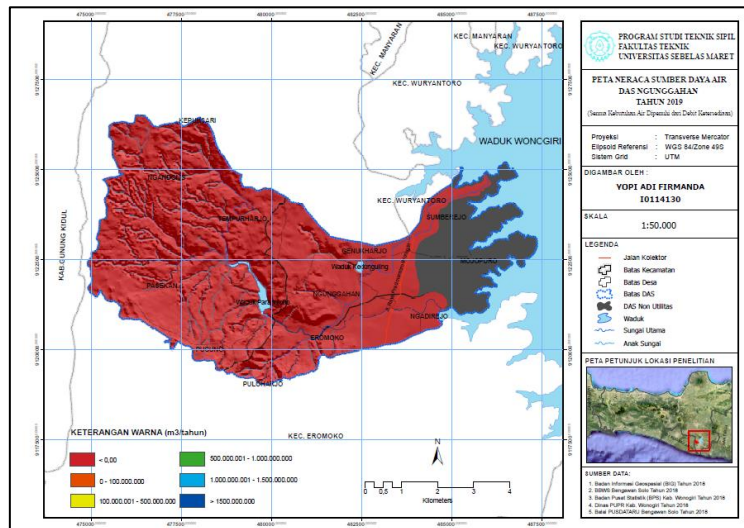
Tabel 4 Rekapitulasi Neraca Sumber Daya Air Tahunan pada DAS Ngunggahan Tahun 2019

	Asumsi Semua Kebutuhan Air Dipenuhi dari Sungai		Asumsi Kebutuhan Irigasi Dipenuhi dari Waduk	
	Saldo ($10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$)	Warna	Saldo ($10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$)	Warna
Sub DAS 1	0,0000	Merah	7,8764	Oranye
Sub DAS 2	0,0000	Merah	0,0000	Merah
Sub DAS 3	0,0000	Merah	36,1546	Oranye

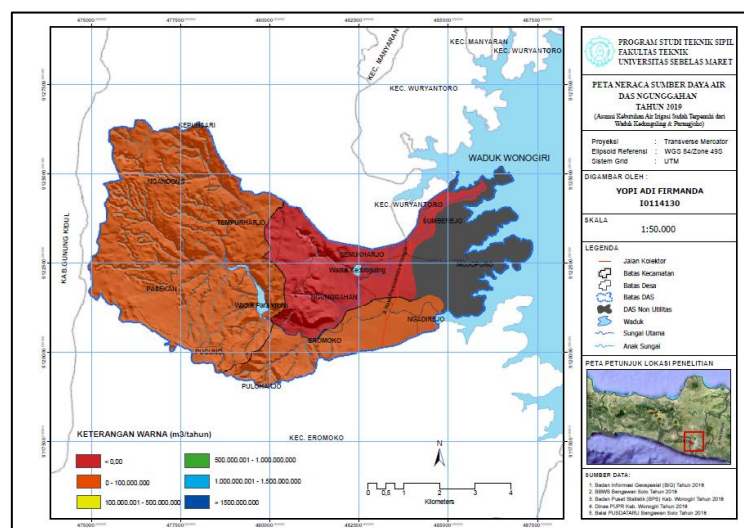
Neraca dengan asumsi semua kebutuhan air dipenuhi dari sungai, pada semua Sub DAS tidak terdapat saldo air (defisit), sehingga notasi warna pada peta adalah merah. Sedangkan jika asumsi kebutuhan air untuk irigasi sudah dipenuhi dari waduk terdapat surplus air pada Sub DAS 1 sebesar $7,8764 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan pada Sub DAS 3 sebesar

36,1546 m³/tahun, sehingga notasi warna pada Sub DAS 1 dan 3 berwarna oranye dan Sub DAS 2 berwarna merah karena tidak terdapat saldo air.

Peta neraca sumber daya air tahunan pada DAS Ngungghahan tahun 2019 menggunakan *ArxGIS* dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9 Peta Neraca Sumber Daya Air DAS Ngungghahan Tahun 2019 dengan Asumsi Semua Kebutuhan Air Dipenuhi dari Debit Perhitungan (Sungai)



Gambar 10 Peta Neraca Sumber Daya Air DAS Ngungghahan Tahun 2019 dengan Asumsi Kebutuhan Air Irigasi Dipenuhi dari Waduk

SIMPULAN

Berdasarkan pada analisis dan pembahasan dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi ketersediaan air pada ketiga Sub DAS paling melimpah terjadi pada bulan Februari periode ke 1, yaitu 1332,94 liter/dt pada Sub DAS 1, 493,34 liter/dt pada Sub DAS 2 dan 318,60 liter/dt pada Sub DAS 3. Secara keseluruhan pada tahun 2019, Sub DAS 1 memiliki ketersediaan air sebesar $1517,788 \times 10^8$ liter/tahun, Sub DAS 2 memiliki ketersediaan air $640,887 \times 10^8$ liter/tahun dan $439,689 \times 10^8$ liter/ tahun untuk Sub DAS 3.
2. Mempertimbangan semua kebutuhan air, tingkat kebutuhan air terbesar Sub DAS 1 terjadi pada bulan Oktober periode ke 1 yaitu 2096,12 liter/dt. Pada Sub DAS 2 terjadi pada bulan Februari periode 1 yaitu sebesar 771,36 liter/dt. Pada Sub DAS 3 terjadi pada Oktober periode 1 yaitu sebesar 470,36 liter/dt. Secara keseluruhan pada tahun 2019, tingkat kebutuhan air pada Sub DAS 1 adalah $5695,451 \times 10^8$ liter/tahun, pada Sub DAS 2 sebesar $2876,95 \times 10^8$ liter/ tahun dan $1315,31 \times 10^8$ liter/ tahun pada Sub DAS 3. Sub DAS 1 memiliki kebutuhan air paling besar karena luas wilayahnya paling besar dibanding ke dua Sub DAS lainnya.

3. Secara keseluruhan tahun 2019 dengan mempertimbangkan semua kebutuhan air, peta neraca tahunan DAS Ngunggahan berwarna merah yang berarti tidak terdapat surplus pada setiap Sub DASnya. Sedangkan dengan asumsi jika kebutuhan air irigasi sudah dipenuhi dari waduk, maka pada tahun 2019 Sub DAS 1 berwarna oranye karena terdapat surplus sebesar $78,76 \times 10^8$ liter/tahun dan pada Sub DAS 3 juga berwarna oranye dengan surplus sebesar $361,55 \times 10^8$ liter/tahun. Sedangkan pada Sub DAS 2 defisit air, sehingga berwarna merah.

REKOMENDASI

1. Prediksi pola tanam sangat mempengaruhi keseimbangan air yang didapatkan, sehingga penentuan prediksi pola tanam perlu diperhatikan agar tidak terjadi defisit air yang berlebihan.
2. Melihat bahwa ketersediaan air di DAS Ngunggahan tersebut kurang, maka membuat Sistem Pemanen Air Hujan (SPAH) tiap rumah atau sawah sangat disarankan dalam rangka penghematan air.
3. Dalam penelitian ini tidak memperhitungkan air tanah dan air dari bendungan/waduk, namun menghitung kebutuhan air secara detail, sehingga didapatkan selisih antara kebutuhan dan ketersediaan air yang cukup jauh. Penelitian selanjutnya hendaknya mempertimbangkan air dari tanah dan juga air dari bendungan/waduk.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis bersyukur kepada Allah SWT atas segala nikmat dan ridho-Nya sebagai jalan kemudahan dalam menyelesaikan penelitian ini. Ucapan terimakasih kepada Dr. Ir. Rr. Rintis Hadiani, M.T. dan Ir. Agus Prijadi Saido, M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu sabar memberikan arahan serta masukan dalam pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Andreas Ricky Dipra Mahendra. 2013. Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai Ngunggahan Sub DAS Bengawan Solo Hulu 3. Tugas Akhir. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Ary Miftakul Huda, Achmad Choiruddin, Osaliana Budiarto dan Sutikno. 2012. Peramalan Data Curah Hujan dengan *Seasonal Autoregressive integrated Moving Average (SARIMA)* dengan Deteksi *Outlier* Sebagai Upaya Optimalisasi Produksi Pertanian di Kabupaten Mojokerto. Seminar Nasional : Kedaulatan Pangan dan Energi, Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura. Bangkalan.
- Badan Informasi Geospasial. 2018. Indonesia Geospatial Portal. Tersedia di: www.tanahair.indonesia.go.id.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonogiri. 2018. Kecamatan dalam Angka 1986-2017. Tersedia di: www.wonogirikab.bps.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional. 2010. Spesifikasi Penyajian Peta Rupa Bumi - Bagian 3: Skala 1:50.000. SNI 6502.3.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam-Bagian 1: Sumber daya air. SNI 6728.1
- Bambang Triatmodjo. 2010. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Bintang Suncaka. 2013. Analisis Keandalan Metode Mock dengan Data Hujan 5, 10, 15 Harian dan 1 Bulanan. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil. Vol 1. No 4. Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2012. Petunjuk Teknis Penyusunan Neraca Air dan Penyelenggaraan Alokasi Air. No 04/SE/D/2012.
- Ig. L. Setyawan Purnama, et al. 2012. *Analisis Neraca Air di DAS Kupang dan Sengkarang*. Percetakan Pohon Cahaya. Yogyakarta.
- Indra Kusuma Sari. 2011. Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada DAS Sampean. Jurnal Pengairan. Vol 2. No. 1. Universitas Brawijaya Malang.
- Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi (01). Jakarta
- Kodoatie, R.J dan Sjarief, R. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi.
- Mock, F.J. 1973. *Land Capability Appraisal Indonesia. Water Availability Appraisal Report Prepared for the Land Capability Appraisal Project*. Bogor-Indonesia.
- Rintis Hadiani. 2009. Analisis Kekeringan Berdasarkan Data Hidrologi. Disertasi. Universitas Brawijaya Malang.
- Sri Harto. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.