

PENILAIAN STATUS SUMBER DAYA AIR UNTUK MITIGASI BENCANA BANJIR DAN KEKERINGAN: STUDI KASUS SUB DAS MADIUN

Assessment of Water Resource Status to Mitigate Flood and Drought Disasters: Case Study Madiun Sub Basin

Alfia Surya Rahmanda¹⁾ dan Bambang Dwi Dasanto²⁾*

¹⁾ Program Studi Meteorologi Terapan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

²⁾ Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

ABSTRACT

Bengawan Solo river flow through into Madiun Sub Basin causes overflow river and drought. Moreover, relatively unstable water demand causes imbalance of water balance. Potency of flood and drought can be identified based on a water resources status in the studied area. To achieve target it, this research focused on three main stages; firstly, calculating water demand and water availability; secondly, analyzing water balance; and, thirdly, assessing water resources status. Water balance (supply-demand) method has been used to finish three aims or target from this research. Water supply was calculated based on volume of water availability, while total volume of water demand was counted from three water demand sectors, i.e. domestic, industrial, and agricultural. The results showed that the highest the water demand sourced from agricultural sector; meanwhile, the lowest the water demand was from domestic sector. Based on water balance analysis, Madiun Sub Basin has experienced a water deficit in 2012, 2014 and 2015. The most severe water deficit occurred in 2012, because river discharge in the research area experienced decreasing during this year. The assessment of water resource status each month in Madiun Sub Basin is predominantly 3; this condition indicated that the region experienced high water stress.

Keywords: Water availability, water balance, water demand

ABSTRAK

Aliran sungai Bengawan Solo yang melalui wilayah Sub DAS Madiun berpotensi menimbulkan luapan sungai dan kekeringan. Selain itu, kebutuhan air yang relatif tidak stabil menyebabkan ketidakseimbangan neraca air. Potensi bencana banjir dan kekeringan dapat diidentifikasi berdasarkan status sumber daya air di daerah tersebut. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan : (i) menghitung kebutuhan dan ketersediaan air, (ii) menganalisis neraca air dan (iii) melakukan penilaian terhadap sumber daya air. Metode yang digunakan yaitu metode neraca dengan volume air sungai sebagai ketersediaan air dan hasil perhitungan kebutuhan air domestik, industri dan pertanian sebagai kebutuhan air total. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan air tertinggi pada kebutuhan air pertanian, sedangkan kebutuhan air terendah yaitu kebutuhan air domestik. Berdasarkan analisis neraca air Sub DAS Madiun mengalami defisit air tahun 2012, 2014 dan 2015. Defisit air paling parah terjadi pada tahun 2012, karena penurunan debit sungai pada tahun tersebut. Penilaian status sumber daya air tiap bulan di Sub DAS Madiun bernilai dominan 3. Kondisi ini menunjukkan wilayah tersebut mengalami stres air tinggi (*high stress*).

Kata kunci: Ketersediaan air, neraca air, kebutuhan air

PENDAHULUAN

Air bagi masyarakat merupakan sumber daya yang penting demi berlangsungnya kehidupan. Hampir semua sektor memerlukan air untuk memenuhi kebutuhannya. Mulai daerah hulu sampai hilir membutuhkan air untuk mewujudkan kehidupan yang lebih baik. Pada umumnya, air digunakan untuk memenuhi kebutuhan air domestik, industri, dan irigasi/pertanian. Secara garis besar, sumber air untuk memenuhi kebutuhan air tersebut berasal dari air hujan, air permukaan dan air bawah permukaan.

Kebutuhan air merupakan sejumlah air yang digunakan untuk berbagai peruntukan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah tersebut (Admadhani *et al.*, 2014). Faktor yang mempengaruhi kebutuhan air, antara lain: luasan wilayah, jumlah industri, jumlah penduduk dan

populasi ternak. Peningkatan kebutuhan air dipengaruhi oleh faktor pertumbuhan ekonomi, kemajuan teknologi (Bittermann, 2008), politik dan sosial (Lueck, 1995; Mostert *et al.*, 2007). Sementara itu, faktor yang mempengaruhi ketersediaan air yaitu luas wilayah (Admadhani *et al.*, 2014), karakteristik fisik wilayah dan iklim terutama curah hujan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu sistem terbuka dengan curah hujan sebagai masukan (input) pokok. Hubungan antara masukan air total dan keluaran air total pada suatu DAS disebut neraca air. Pada dasarnya, konsep neraca air menunjuk pada keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia di dan yang keluar dari sistem (sub-sistem) tertentu (Zulkipli *et al.*, 2012).

Perubahan hidrologi skala DAS yang disebabkan oleh perubahan iklim dan tata guna lahan telah menyebabkan jumlah air yang tersedia menjadi berkurang (Xu, 1999),

khususnya di DAS tertentu; sementara itu di DAS yang lain perlu kajian lebih lanjut. Besarnya kebutuhan air yang tidak dapat dipenuhi oleh air tersedia menjadi sebab tidak seimbangnya sumber daya air di wilayah DAS. Kondisi sumber daya air yang tidak seimbang dapat menimbulkan potensi terjadinya bencana banjir dan kekeringan.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Timur menjelaskan bahwa ada sekitar 32 dari 38 kabupaten/kota di Jawa Timur berpotensi mengalami bencana banjir. Salah satu penyebab banjir adalah meluapnya air sungai Bengawan Solo; dan, ini terjadi di Bojonegoro, Lamongan, Gresik, Ngawi dan Tuban (Soekarno, 2016). DAS Bengawan Solo secara artifisial dapat dipilah menjadi 3 Sub-DAS yaitu: hulu, tengah dan hilir. Berdasarkan posisi Sub-DAS, lokasi studi terletak di Sub-DAS bagian tengah dan ini dikenal sebagai Sub DAS Madiun.

Secara administrasi, Sub DAS Madiun terletak di kabupaten/kota yang ada di Jawa Tengah dan sebagian lain di Jawa Timur. Berdasarkan studi pustaka kabupaten/kota di Sub DAS Madiun adalah rentan terhadap dampak buruk dari kekeringan dan banjir sehingga ini perlu langkah mitigasi untuk meminimalisir kerugian sebagai akibat dari dampak buruk tersebut. Langkah mitigasi dalam rangka menanggulangi banjir dan kekeringan dapat ditempuh melalui tersedianya informasi ketersediaan dan kebutuhan air.

Pemahaman kuantitatif tentang hubungan kebutuhan-ketersediaan air dapat membantu mengalokasikan sumber daya air yang terbatas secara adil antar pengguna (Dessu *et al.*, 2014). Informasi penilaian terhadap sumber daya air akan membantu masyarakat dalam memahami hubungan tersebut, sehingga hasil penilaian yang diperoleh dapat mengurangi bahaya banjir dan kekeringan yang mungkin terjadi di Sub DAS Madiun. Berdasarkan permasalahan sumber daya air di Sub DAS Madiun, maka penelitian ini bertujuan: (i) menghitung kebutuhan dan ketersediaan air, (ii) menganalisis neraca air dan (iii) melakukan penilaian terhadap status sumber daya air.

BAHAN DAN METODE

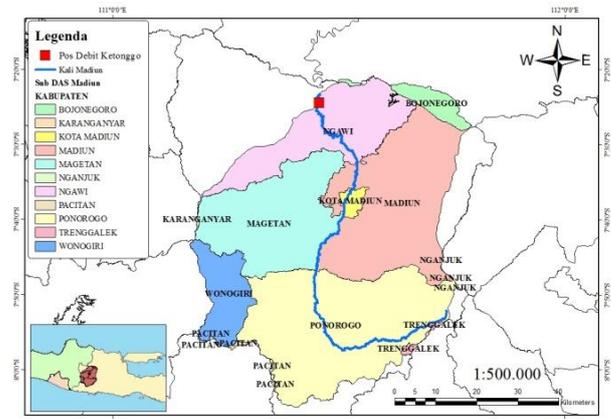
Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Data curah hujan tahun 2006-2015 dari 8 pos hujan (sumber: BBWSBS, 2016)
- Data debit harian untuk periode 2011 – 2015 diperoleh dari pos debit Ketonggo (sumber: BBWSBS, 2016).
- Data suhu udara bulanan untuk tahun 2006 – 2015 (sumber: Landasan Udara Iswahjudi dan Stasiun Meteorologi Kabupaten Wonogiri).
- Data jumlah penduduk, jumlah industri, luas irigasi dan populasi ternak tahun 2011-2015 (sumber: BPS, 2016).

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Sub DAS Madiun yang terletak di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Luas Sub DAS Madiun adalah 3,749 km² sedangkan panjang sungai utamanya sekitar 260 km (Gambar 1). Sungai Madiun melewati 69 kecamatan di 10 kabupaten/kota.



Sumber : BBWSBS (2016)
Gambar 1. Lokasi penelitian

Analisis Curah Hujan Wilayah

Dalam kajian ini, curah hujan wilayah diduga menggunakan pendekatan poligon Thiessen dan jumlah pos hujan yang dianalisis ada 8 pos atau stasiun. Persamaan yang digunakan untuk menentukan curah hujan wilayah adalah :

$$P = \frac{P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + P_4A_4 + \dots + P_8A_8}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_8} \tag{1}$$



Gambar 2. Poligon Thiessen

Tabel 1. Luas pengaruh poligon Thiessen

Nama Stasiun	Luas (x10 ⁶ m ²)
Ngawi	191.89
Sooko	253.51
Bangunsari	362.80
Wd Notopuro	464.57
Ngrambe	539.75
Slahung	568.93
Ngebel	587.46
Jejeruk	781.90

Analisis Kebutuhan Air

Kebutuhan air diestimasi berdasarkan kebutuhan air pada sektor domestik, industri dan pertanian dalam arti luas (Yulistiyanto dan Kironoto, 2008). Pendekatan yang digunakan dalam kajian ini adalah satuan kebutuhan air (*water demand unit*). Satuan kebutuhan air domestik adalah konsumsi air per jiwa, satuan kebutuhan air industri adalah konsumsi air per jenis industri; sedangkan satuan kebutuhan air pertanian adalah konsumsi air per jenis tanaman atau

ternak. Detil persamaan kebutuhan air untuk ketiga sektor adalah:

a. Kebutuhan air domestik (D)

Perhitungan kebutuhan air domestik dilakukan berdasarkan persamaan berikut :

$$Q_{(p)i} = N_{(p)} \times q_{(std)} \times n \times f \tag{2}$$

Keterangan:

- $Q_{(p)}$: kebutuhan air penduduk (m^3) pada bulan ke-i
- $N_{(p)}$: jumlah penduduk (orang)
- $q_{(std)}$: konsumsi air per jiwa per hari ($m^3 \text{ orang}^{-1} \text{ hari}^{-1}$)
- n : jumlah hari pada bulan ke-i (hari)
- f : faktor konversi liter ke m^3
- i : bulan

Tabel 2. Kebutuhan air per orang per hari menurut kategori kota

Kategori kota	Jumlah penduduk (orang)	Kebutuhan air (liter orang ⁻¹ hari ⁻¹)
Semi urban	3,000 – 20,000	60 – 90
Kota kecil	20,000 – 100,000	90 – 110
Kota sedang	100,000 – 500,000	100 – 125
Kota besar	500,000 – 1,000,000	120 – 150
Metropolitan	>1,000,000	150 – 200

Sumber: Penyusunan neraca spasial sumber daya alam – sumber daya air (BSN, 2015)

b. Kebutuhan air industri (I)

Kebutuhan air industri dihitung berdasarkan kebutuhan air tiap jenis atau golongan industri. Badan Pusat Statistik telah menggolongkan jenis industri berdasarkan jumlah tenaga kerja (Tabel 3) sedangkan kebutuhan air industri tiap jenis industri dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Penggolongan perusahaan industri

Golongan industri	Banyak tenaga kerja (orang)
Besar	>100
Sedang	20 – 99
Kecil	5 – 19
Rumah tangga	1 – 4

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS, 2016)

Tabel 4. Standar kebutuhan air industri setiap golongan

Golongan industri	Kebutuhan air industri ($m^3 \text{ hari}^{-1}$)
Besar	151 – 350
Sedang	51 – 150
Kecil	5 – 50

Sumber : Purwanto, 1995

Persamaan kebutuhan air industri dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$Q_{(ind)i} = N_{(ind)} \times q_{(std)} \times n \tag{3}$$

Keterangan:

- $Q_{(ind)}$: kebutuhan air industri (m^3) pada bulan ke-i
- $N_{(ind)}$: jumlah industri (unit)
- $q_{(std)}$: konsumsi air tiap jenis industri (besar, sedang atau kecil) ($m^3 \text{ unit}^{-1} \text{ hari}^{-1}$)
- n : jumlah hari pada bulan ke-i (hari)
- i : bulan

c. Kebutuhan air pertanian (A)

Kebutuhan air pertanian merupakan total dari kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air untuk peternakan.

• Kebutuhan air irigasi

Air irigasi digunakan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman yang tidak mendapatkan cukup air dari curah hujan efektif (Linsley dan Franzini, 1979). Komoditas tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman pangan, yaitu padi dan palawija. Persamaan untuk menghitung curah hujan efektif menurut Rumihin (2016):

$$Re = R_{tot} (125 - 0.2 R_{tot}) / 125; R_{tot} < 250 \text{ mm} \tag{4}$$

$$Re = 125 + 0.1 R_{tot}; R_{tot} > 250 \text{ mm} \tag{5}$$

Keterangan:

R_{tot} = jumlah curah hujan bulanan (mm)

Re = curah hujan efektif (mm)

Nilai evapotranspirasi tanaman (ETc) dipengaruhi oleh koefisien tanaman pada setiap tahap pertumbuhan tanaman. Persamaan matematis dalam perhitungan nilai ETc menurut Doorenbos dan Pruitt (1977), sebagai berikut:

$$ETc = Kc \times ETo \tag{6}$$

Keterangan:

ETc : evapotranspirasi potensial tanaman (mm)

Kc : koefisien pertanaman

ETo : evapotranspirasi acuan (mm)

Tabel 5. Nilai koefisien (Kc) dan lama fase tanaman

	Fase	Kc			
		Ini	Dev	Mid	End
Padi	Hari	30	15	35	30
	Kc	1.05		1.2	0.7
Kedelai	Hari	15	15	40	15
	Kc	0.5		1.15	0.5
Jagung	Hari	20	20	30	10
	Kc	0.7		1.15	1.05

Sumber : Irrigation water management (Allen *et al.*, 1986)

Persamaan untuk menghitung Kc_{dev} dan Kc_{late} :

$$Kc_{dev} = Kc_{int} + [(hari \text{ ke-}) - L_{int}/L_{dev}] \times [Kc_{mid} - Kc_{int}] \tag{7}$$

$$Kc_{late} = Kc_{mid} + [(hari \text{ ke-}) - (L_{int} + L_{dev} + L_{mid})/L_{late}] \times (Kc_{end} - Kc_{mid}) \tag{8}$$

Keterangan:

Kc_{int} : koefisien tanaman fase *initial* (awal)

Kc_{dev} : koefisien tanaman fase *development* (perkembangan)

Kc_{mid} : koefisien tanaman fase *mid season* (pertengahan)

Kc_{late} : koefisien tanaman fase *late season* (akhir)

Kc_{end} : koefisien tanaman fase *end season* (penuaan)

L_{int} : lama fase *initial* (awal)

L_{dev} : lama fase *development* (perkembangan)

L_{mid} : lama fase *mid season* (pertengahan)

L_{late} : lama fase *late season* (akhir)

Metode yang digunakan untuk menghitung evapotranspirasi aktual adalah metode Thronwaite dan bentuk persamaannya:

$$ETo = c[16 \times ((10 T)/I)^a] \tag{9}$$

$$I = \sum i = \sum (T/5)^{1.514} \tag{10}$$

Keterangan:

- ET_o : evapotranspirasi (mm bulan⁻¹)
- T : suhu rata-rata bulanan (°C)
- I : indeks panas selama satu tahun
- a : $\{(6.75 \times 10^{-7} I^3) - (7.71 \times 10^{-5} I^2) + (1.792 I) + 0.49239\}$
- c : faktor koreksi

Hasil perhitungan evapotranspirasi dan curah hujan efektif, masing-masing dikalikan dengan luas irigasi. Berikut persamaan untuk menghitung kebutuhan air irigasi:

$$Q_{(ir)} = ((Re \times L) - (ETc \times L)) \times f \tag{11}$$

Keterangan:

- Q_(ir) : kebutuhan air irigasi (m³)
- Re : curah hujan efektif (mm)
- ET_c : evapotranspirasi (mm)
- L : luas irigasi (Ha)
- f : faktor konversi satuan ke m³

Penghitungan kebutuhan air untuk irigasi berdasarkan pola tanam di setiap wilayah kabupaten/kota di Sub DAS Madiun. Berikut pola tanam di Sub DAS Madiun:

Tabel 6. Pola tanam masing-masing daerah di Sub DAS Madiun

Kab/Kota	Tahun	MT I	MT II	MT III
- Bojonegoro				
- Karanganyar				
- Madiun				
- Magetan				
- Ngawi	2011-2015	Padi	Padi	Jagung
- Pacitan				
- Ponorogo				
- Trenggalek				
- Wonogiri				
- Kota Madiun	2011-2015	Padi	Padi	Padi

• Kebutuhan air untuk peternakan

Kebutuhan air ternak dihitung berdasarkan jenis ternak. Hewan ternak digolongkan menjadi tiga jenis yaitu jenis ternak besar, sedang dan unggas. Jenis ternak besar terdiri dari sapi, kerbau dan kuda; jenis ternak sedang terdiri dari kambing dan domba; sedangkan yang termasuk unggas adalah ayam, enthok, itik, bebek, burung dara dan burung puyuh. Berikut standar dan persamaan untuk menghitung kebutuhan air peternakan:

Tabel 7. Kebutuhan air untuk ternak

No	Jenis ternak	Kebutuhan air (liter ekor ⁻¹ hari ⁻¹)
1	Sapi dan kerbau	40
2	Kambing dan domba	5
3	Babi	6
4	Unggas	0,6
5	Kuda	40

Sumber: Penyusunan neraca spasial sumber daya alam – sumber daya air (BSN, 2015)

$$Q_{(mk)i} = \{(P_{(1)} \times q_{(1)}) + (P_{(2)} \times q_{(2)}) + (P_{(3)} \times q_{(3)}) + (P_{(4)} \times q_{(4)})\} \times n \times f \tag{12}$$

Keterangan:

- Q_(mk) : kebutuhan air untuk ternak (m³) pada bulan ke-i
- P₍₁₎ : jumlah sapi, kerbau (ekor)

- P₍₂₎ : jumlah kambing dan domba (ekor)
- P₍₃₎ : jumlah babi (ekor)
- P₍₄₎ : jumlah unggas (ekor)
- P₍₅₎ : jumlah kuda (ekor)
- q₍₁₎ : kebutuhan air sapi, kerbau (liter ekor⁻¹ hari⁻¹)
- q₍₂₎ : kebutuhan air kambing dan domba (liter ekor⁻¹ hari⁻¹)
- q₍₃₎ : kebutuhan air babi (liter ekor⁻¹ hari⁻¹)
- q₍₄₎ : kebutuhan air unggas (liter ekor⁻¹ hari⁻¹)
- q₍₄₎ : kebutuhan air kuda (liter ekor⁻¹ hari⁻¹)
- n : jumlah hari pada bulan ke-i (hari)
- f : faktor konversi dari liter ke m³
- i : bulan

Analisis Ketersediaan Air

Penelitian ini hanya menghitung ketersediaan air dari air sungai atau air permukaan. Ketersediaan air diasumsikan setara dengan debit andalan untuk peluang 80%. Peluang debit andalan 80% dihitung dengan menggunakan metode Webull dan bentuk persamaannya adalah:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \tag{13}$$

Keterangan :

- P : peluang (%)
- m : nomor urut data
- n : jumlah data

Analisis Neraca Air

Neraca air menunjukkan keseimbangan antara jumlah air yang masuk ke, yang tersedia di dan yang keluar dari sistem (sub sistem) tertentu (Zulkipli *et al.*, 2012). Faktor-faktor yang digunakan dalam perhitungan neraca air adalah ketersediaan dan kebutuhan air dari tiap daerah layanan (Bonita dan Mardyanto, 2015). Persamaan yang digunakan untuk menghitung neraca air adalah sebagai berikut:

$$Q_v - Q_d = \Delta s \tag{14}$$

$$Q_d = D + I + A \tag{15}$$

Keterangan

- Q_v : volume ketersediaan air (m³)
- Q_d : volume kebutuhan air (m³)
- D : kebutuhan air domestik (m³)
- I : kebutuhan air industri (m³)
- A : kebutuhan air pertanian (m³)

Analisis Status Sumber Daya Air

Penilaian dilakukan untuk mengetahui status sumber daya air (WRS) dengan menggunakan batasan status rasio (SR). Nilai status rasio merupakan perbandingan antara kebutuhan air dengan ketersediaan air. Berikut persamaan untuk menghitung status rasio (SR) :

$$SR = \frac{Q_d}{Q_v} \tag{16}$$

Keterangan :

- SR : status rasio (tanpa satuan)
- Q_v : volume ketersediaan air (m³)

Q_d : volume kebutuhan air (m^3)

Status sumber daya air dapat digolongkan menjadi 4 kategori menurut Vorosmarty *et al.* (2000) dan Dessu *et al.* (2014), detil untuk hal ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Ambang batas cekaman air

Cekaman air	Kebutuhan air/ ketersediaan air (tidak ada satuan)	Status sumber daya air
Rendah	< 0.1	0
Sedang	0.1-0.2	1
Sedang – tinggi	0.2-0.4	2
Tinggi	> 0.4	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Air Domestik

Populasi penduduk di Sub DAS Madiun terus mengalami penurunan dari tahun 2011 sampai 2015. Hal ini menyebabkan kebutuhan air domestik juga mengalami penurunan setiap tahunnya (Tabel 9).

Tabel 9. Populasi penduduk dan kebutuhan air domestik

Tahun	Jumlah penduduk (orang)	Kebutuhan air ($\times 10^6 m^3$)
2011	3,199,008	140.15
2012	3,156,829	138.92
2013	3,087,568	135.17
2014	3,073,098	134.54
2015	2,920,500	128.41

Kebutuhan Air Industri

Jenis industri yang paling banyak terdapat di Sub DAS Madiun adalah industri kecil. Sedangkan, jenis industri yang paling sedikit jumlahnya yaitu industri besar. Kebutuhan air untuk industri setiap tahunnya berfluktuatif sebab jumlah industrinya juga naik turun. Kebutuhan air untuk industri kecil paling banyak terjadi pada tahun 2015 sedangkan untuk industri sedang dan besar terjadi pada tahun 2012. Sementara itu, kebutuhan air untuk industri paling sedikit khususnya industri kecil terjadi pada tahun 2012 dan 2014, sedangkan industri sedang dan besar terjadi pada tahun 2013 (lihat Tabel 10, Tabel 11 dan Tabel 12).

Total kebutuhan air industri paling tinggi pada tahun 2012 yaitu 718.3 juta m^3 , sedangkan yang terendah pada tahun 2013 sebesar 603.54 juta m^3 . Peningkatan kebutuhan air industri paling besar yaitu dari tahun 2014 ke 2015 sebesar 7.72%.

Tabel 10. Jumlah industri besar dan kebutuhan air

Tahun	Jumlah (unit)	Kebutuhan air ($\times 10^6 m^3$)
2011	16	1.17
2012	14	1.02
2013	16	1.17
2014	14	1.02
2015	21	1.53

Tabel 11. Jumlah industri sedang dan kebutuhan air

Tahun	Jumlah (unit)	Kebutuhan air ($\times 10^6 m^3$)
2011	105	3.83
2012	114	4.17
2013	36	1.31
2014	40	1.46
2015	43	1.57

Tabel 12. Jumlah industri kecil dan kebutuhan air

Tahun	Jumlah (unit)	Kebutuhan air ($\times 10^6 m^3$)
2011	43,044	707.00
2012	43,297	713.10
2013	36,594	601.06
2014	36,927	606.53
2015	39,750	652.89

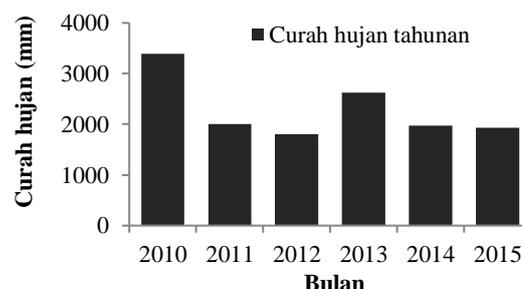
Kebutuhan Air Pertanian

Air irigasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman yang kurang dari curah hujan. Dalam kajian ini, kebutuhan air irigasi dihitung menurut musim tanam di setiap kabupaten/kota di Sub DAS Madiun. Dalam satu tahun, wilayah studi mengalami tiga musim tanam. Musim tanam pertama (MT I) pada bulan November – Februari, musim tanam kedua (MT II) pada bulan Maret – Juni dan musim tanam ketiga (MT III) pada bulan Juli – Oktober. Komoditas tanaman pangan yang dominan di Sub DAS Madiun adalah padi dan jagung. Tanaman padi ditanam ketika musim hujan, sedangkan pada musim kemarau adalah jagung.

Luas lahan irigasi di Sub DAS Madiun yang paling luas terjadi pada tahun 2015, sedangkan yang paling sempit terjadi pada tahun 2012 (lihat Tabel 13). Kebutuhan air irigasi per musim tanam disajikan pada Tabel 13. Kebutuhan air irigasi pada MT III lebih besar daripada MT I dan MT II. Pada MT III, air irigasi lebih banyak digunakan untuk menanam jagung. Kebutuhan air irigasi paling tinggi terjadi pada tahun 2015; ini disebabkan oleh luasnya lahan irigasi yang harus diberi air sedangkan curah hujan efektifnya rendah (Gambar 3). Kebutuhan air irigasi terendah terjadi pada tahun 2012; alasannya pada MT I, yaitu (November - Februari) lahan di wilayah tersebut tidak membutuhkan air irigasi. Selain itu, curah hujan pada bulan November – Desember 2011 dan Januari Februari 2012 adalah tinggi (Gambar 3).

Tabel 13. Luas irigasi dan kebutuhan air untuk irigasi

Tahun	Luas irigasi ($\times 10^6 m^2$)	Kebutuhan air ($\times 10^6 m^3$)		
		MT I	MT II	MT III
2011	1,250.51	0.00	50.63	358.86
2012	1,227.36	9.79	119.73	391.34
2013	1,245.74	91.79	49.64	366.57
2014	1,242.98	11.24	61.41	428.22
2015	1,556.12	106.92	294.66	613.03



Gambar 3. Curah hujan tahunan wilayah Sub DAS Madiun

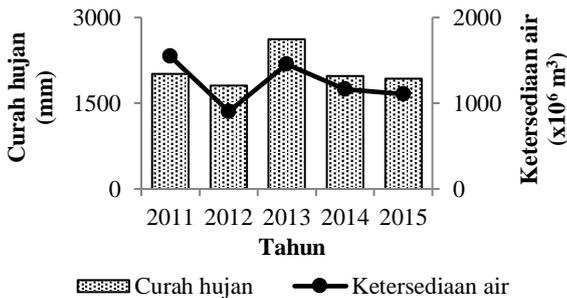
Tabel 14. Populasi ternak dan kebutuhan air untuk peternakan

Tahun	Populasi ternak (ekor)					Kebutuhan air (x10 ⁶ m ³)
	Sapi dan kerbau	Kuda	Kambing dan domba	Babi	Unggas	
2011	363,975	558	529,497	7,044	5,869,922	7.59
2012	377,948	503	567,247	7,640	8,649,289	8.47
2013	329,602	502	590,794	7,806	9,167,148	7.92
2014	330,565	488	602,256	7,906	13,170,450	8.83
2015	339,487	427	1,023,936	10,535	12,711,974	9.64

Populasi ternak di Sub DAS Madiun didominasi oleh ternak jenis unggas. Kebutuhan air untuk ternak tertinggi terjadi pada tahun 2015 sedangkan yang terendah pada tahun 2011. Setiap tahunnya kebutuhan air untuk ternak di Sub DAS Madiun meningkat, kecuali tahun 2013 (Tabel 14). Penurunan kebutuhan air untuk ternak dari tahun 2012 ke 2013 sebesar 6.48%.

Ketersediaan Air

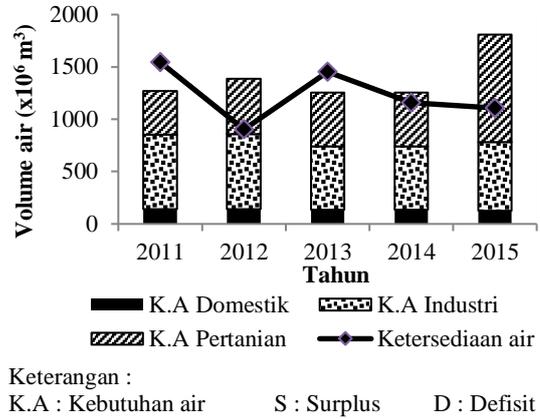
Perhitungan ketersediaan air di Sub DAS Madiun dilakukan berdasarkan konversi debit andalan 80% menjadi volume. Data debit yang digunakan berasal dari pos pengukuran debit di wilayah hilir yaitu di Pos Debit Ketonggo, Kabupaten Ngawi. Air yang tersedia merupakan sisa dari distribusi air di wilayah hulu dan tengah. Pola ketersediaan air mengikuti pola curah hujan di Sub DAS Madiun. Penurunan ketersediaan air paling banyak terjadi pada tahun 2012. Hal ini disebabkan oleh menurunnya debit sungai pada tahun tersebut. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil kajian Badan Perencanaan Pembangunan Daerah tahun 2012 yang menyatakan debit Bengawan Solo telah mengalami penurunan sehingga menyebabkan meluasnya wilayah kekeringan (Bappeda, 2012).



Gambar 4. Ketersediaan air di Sub DAS Madiun

Neraca Air

Berdasarkan Gambar 5, kebutuhan air paling tinggi di Sub DAS Madiun adalah kebutuhan air pertanian, sedangkan yang terendah adalah kebutuhan air domestik. Neraca air di Sub DAS Madiun menunjukkan bahwa wilayah ini surplus pada tahun 2011 dan 2013; dan defisit pada tahun 2012, 2014 dan 2015. Defisit air paling parah terjadi pada tahun 2012.



Gambar 5. Neraca air di Sub DAS Madiun

Penilaian Status Sumber Daya Air

Hubungan antara kebutuhan dengan ketersediaan air dapat dijelaskan menggunakan status rasio (SR). Hasil penilaian sumber daya air (WRS) dikategorikan menjadi empat kategori cekaman air atau stres air. Matriks status sumber daya air menunjukkan nilai kondisi air dari tahun 2011 sampai 2015. Nilai 3 dan kotak berwarna merah merupakan nilai dominan untuk wilayah Sub DAS Madiun (Gambar 6). Kondisi tersebut menjelaskan bahwa Sub DAS Madiun mengalami stres air tinggi (*high stress*). Tingginya kebutuhan air yang tidak diimbangi dengan ketersediaan air yang mencukupi ini membuat Sub DAS Madiun berpotensi mengalami kekeringan. Sub DAS Madiun berpotensi mengalami kekeringan pada musim kemarau dan berpotensi mengalami banjir pada musim hujan.

Berdasarkan Gambar 6, matriks status sumber daya air di Sub DAS Madiun menunjukkan nilai yang bervariasi pada bulan Januari sampai April. Hal ini sesuai dengan debit yang tinggi di pos ukur debit Ketonggo ketika awal tahun.

J	2	2	3	2	3
F	2	3	2	2	2
M	2	3	2	2	2
A	2	3	2	2	2
M	3	3	3	3	3
J	3	3	2	3	3
J	3	3	3	3	3
A	3	3	3	3	3
S	3	3	3	3	3
O	3	3	3	3	3
N	3	3	3	3	3
D	3	3	3	3	3
	2011	2012	2013	2014	2015

Keterangan :
 0 : rendah 2 : sedang - tinggi
 1 : sedang 3 : tinggi

Gambar 6. Status sumber daya air di Sub DAS Madiun

SIMPULAN

Wilayah Sub DAS Madiun berpotensi mengalami kekeringan pada tahun 2012, 2014 dan 2015 yang disebabkan oleh ketersediaan air pada tahun tersebut tidak mencukupi permintaan kebutuhan air. Kebutuhan air di Sub DAS Madiun paling banyak pada sektor pertanian, dan paling sedikit pada sektor domestik. Kondisi Sub DAS Madiun telah terdegradasi yang ditandai oleh nilai status airnya. Hasil penilaian status sumber daya air bulanan selama 5 tahun berturut-turut (2011-2015) didominasi oleh nilai 3 yang berarti stres airnya tinggi. Dengan kata lain, Sub DAS Madiun berpotensi mengalami kekeringan pada musim kemarau dan berpotensi mengalami banjir pada musim hujan. Informasi penilaian tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengantisipasi terjadinya banjir dan kekeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Admadhani, D.N., A.T.S. Haji dan L.D. Susanawati. 2014. Analisis ketersediaan dan kebutuhan air untuk daya dukung lingkungan (studi kasus Kota Malang). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(3):13-20.
- Allen, R.G., L.S. Preire, D. Raes and M. Smith. 1986. *Guide Lines for Predicting Crop Water Requirement*. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome.
- [Bappeda] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Jawa Timur. 2012. *Separuh Lebih Wilayah Jatim Kekeringan*. Jawa Timur.
- [BBWSBS] Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo. 2016. *Profil dan kegiatan strategis Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo*. Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo, Solo.
- Bittermann, H.J. 2008. Growing water services in a worldwide market. *World Pumps*, 34:36-34.
- Bonita, R. dan M.A. Mardiyanto. 2015. Studi water balance air tanah di Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1):2301-9271.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. *Provinsi Jawa Tengah dalam Angka*. Badan Pusat Statistik, Jawa Tengah.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2015. *Penyusunan Neraca Spasial Sumber Daya Alam – Bagian 1: Sumber Daya Air*. SNI 6728.1:2015.
- Dessu, S.B., A.M. Melesse, M.G. Bhat and M.E. McClain. 2014. Assessment of water resources availability and demand in the Mara River Basin. *Catena*, 115:1004-114.
- Doorenbos, J. and W.D. Pruitt., 1977. *Guide Lines for Predicting Crop Water Requirement*. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome.
- Linsley, R.K. dan J.B. Franzini. 1979. *Water-Resources Engineering*. McGraw Hill, New York.
- Lueck, D. 1995. The rule of first possession and the design of the law. *J. Law Econ.*, 38:393-436.
- Mostert, E., C. Pahl-Wostl, Y. Rees, B. Searle, J.D. Tàbara and J. Tippett. 2007. Social learning in European river-basin management: barriers and fostering mechanisms from 10 river basins. *Ecol. Soc.*, 12(1):19-34.
- Purwanto, M.Y.J. 1995. Water demand for industry, village and city. Di dalam: Purwanto, MYJ. 2007. Kebutuhan air sektoral untuk pengembangan DAS. *Agritech*, 27(2):95-99.
- Rumihin, A. 2016. Studi pengaruh lining saluran irigasi terhadap kehilangan air untuk peningkatan produksi (studi kasus: di Kairatu I) [Tesis]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Soekarno, R. 2016. Ini daerah rawan banjir dan longsor di Jarim. *Beritajatim.com*. [terhubung berkala]. http://www.beritajatim.com/peristiwa/277900/ini_daerah_rawan_banjir_dan_longsor_di_jatim.html [16 Desember 2016].
- Vorosmarty, C.J., P. Green, J. Salisbury and R.B. Lammers. 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289. doi:10.1126/science.289.5477.284.
- Xu, C. 1999. Climate change and hydrologic models: a review of existing gaps and recent research developments. *Water Resources Management*, 13(5):369-382.
- Yulistiyanto, B. dan B.A. Kironoto. 2008. Analisa pendayagunaan sumberdaya air pada WS Paguyaman dengan ribasim. *Media Teknik*, 2:1-12.
- Zulkipli, W. Soetopo dan H. Prasetyo. 2012. Analisis neraca air permukaan DAS Renggang untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan domestik penduduk Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(2):87-96.