

ANALISIS NERACA AIR SECARA METEOROLOGIS DI DAS KEDUANG, JAWA TENGAH

Analysis of the Meteorological Water Balance in Keduang Watershed, Central Java

Erlynda Kumalajati¹, Sambas Sabarnudin², Budiadi², Putu Sudira³

¹ Pasca Sarjana Program Studi Ilmu Kehutanan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta ²
Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta ³ Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

ABSTRACT

Study on meteorological water balance in Keduang watershed, Central Java, aimed to find a balance between the need and meteorological availability of water in the Keduang watershed. Water demand is calculated by using the standard water requirements for this type of irrigation and non-irrigation needs. Types of non-irrigation water requirements include the need for water for domestic, office buildings, health facilities, lodging / hotels, educational facilities, religious facilities, industries, and markets, as well as livestock. Standards need water used is ISO 19-6728.1-2002 and Planning Criteria DGHS Department of Public Works in 1996. The availability of water is calculated using the water balance approach meteorological Turc-Langbein. The data used is the data in 2013 and analyzed using quantitative description. The results showed that 1) the need for water in the Keduang watershed 81,063,567.42 m³ / year, while 2) the availability of water in the meteorological amounted 280,160,992.62 m³ / year so that the difference amounted to 199,097,425.19 water m³ / year. From the results of these calculations, we can conclude that the water availability in the Keduang watershed is sufficient for fullfilling the water requirements.

Keywords : *Water requirements, water availability, water balance, Keduang watershed*

PENDAHULUAN

Sumberdaya air merupakan sumberdaya yang vital bagi kehidupan makhluk hidup di Bumi. Tanpa air tidak ada kehidupan di Bumi ini. Karenanya ketersediaan air memerlukan sifat kelanggengan untuk dapat dipergunakan antar generasi. Sifat kelanggengan air memerlukan pengelolaan yang tepat dan berkaitan dengan distribusinya. Menurut Sari dkk. (2012) perkembangan wilayah pada suatu daerah akan menyebabkan kebutuhan air terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk. Untuk memenuhi kebutuhan akan air tersebut, neraca air di wilayah tersebut haruslah seimbang.

Komponen yang mempengaruhi neraca air adalah kebutuhan air dan ketersediaan air pada wilayah tertentu. DAS Keduang merupakan salah satu anak DAS Solo Hulu. DAS ini

merupakan DAS terluas yang memasok air Waduk Gajah Mungkur dan meliputi 2 kabupaten, yaitu Wonogiri dan Karanganyar. Ada 9 kecamatan dari wilayah Kabupaten Wonogiri dan 1 kecamatan dari wilayah Kabupaten Karanganyar. Dengan 10 kecamatan di dalamnya, kebutuhan air di DAS Keduang diprediksi cukup besar. Kebutuhan tersebut harus dipenuhi guna mencapai kesejahteraan masyarakat di dalamnya. Untuk mengantisipasi adanya ketimpangan dalam neraca air, diperlukan suatu pengkajian mengenai kebutuhan dan ketersediaan air pada wilayah tersebut.

Penelitian mengenai neraca air di DAS Keduang ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan dan ketersediaan air di DAS Keduang, serta neraca airnya.

BAHAN DAN METODE

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di DAS Keduang sehingga lokasi yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan airnya hanya sebatas pada kecamatan-kecamatan dan/atau desa-desa yang terletak di wilayah DAS Keduang secara geografis. Secara administrasi, DAS Keduang masuk dalam 2 kabupaten, yaitu Kabupaten Wonogiri dan Karanganyar. Kecamatan-kecamatan di DAS Keduang, yang masuk dalam Kabupaten Wonogiri adalah Slogohimo, Jatipurno, Jatisrono, Jatiroto, Girimarto, Sidoharjo, Ngadipiro, Nguntoronadi, dan Wonogiri. Khusus untuk Kecamatan Wonogiri, hanya Desa Pokoh Kidul (kecuali Dusun Petir) yang masuk dalam wilayah DAS Keduang. Kecamatan di DAS Keduang, yang masuk dalam Kabupaten Karanganyar adalah Kecamatan Jatiyoso, khususnya Desa Wonokeling dan Wonorejo.

B. Kebutuhan Air di DAS Keduang

Untuk menghitung kebutuhan air di DAS Keduang, data yang dipergunakan adalah data demografi, sosial, dan ekonomi dari kecamatan-kecamatan yang masuk dalam DAS Keduang. Data tersebut diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Wonogiri dan Karanganyar tahun 2013. Standar dan rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan airnya berdasarkan pada SNI 19-6728.1-2002 dan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU tahun 1996 dengan tabel standar kebutuhan air untuk masing-masing kepentingan dapat dilihat pada tabel 1. Kebutuhan air yang dihitung meliputi kebutuhan air untuk domestik, fasilitas kesehatan, fasilitas pendidikan, fasilitas peribadatan, perkantoran, industri, pasar, dan pertokoan, peternakan, serta irigasi.

Kebutuhan air domestik dihitung dengan menggunakan standar kebutuhan air konsumsi di pedesaan sebesar 100 lt/hari dan rumus sebagai berikut:

$$Q_d = 365 \text{ hari} \times [q(r) \times 1/1000 \times P(r)] \dots\dots\dots (1)$$

Di mana Q_d = konsumsi air domestik (m^3 /tahun), $q(r)$ = konsumsi air per kapita (liter/kapita/hari), dan $P(r)$ = jumlah penduduk (jiwa).

Kebutuhan air untuk fasilitas kesehatan dihitung dengan menggunakan standar kebutuhan sebesar 200 liter/unit/hari untuk puskesmas dan sebesar 2000 liter/bed/hari untuk rumah bersalin dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_s \text{ (puskesmas)} = \Sigma \text{ unit} \times 365 \text{ hari} \times q(sp)/1000 \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_s \text{ (RSB/RB)} = \Sigma \text{ bed} \times 365 \text{ hari} \times q(srsb)/1000 \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_s = Q_s \text{ (puskesmas)} + Q_s \text{ (RSB/RB)} \dots\dots\dots (4)$$

Di mana Q_s = konsumsi air untuk fasilitas kesehatan (m^3 /tahun), Q_s (puskesmas) = konsumsi air untuk fasilitas kesehatan puskesmas (m^3 /tahun), Q_s (RSB/RB) = konsumsi air untuk fasilitas kesehatan rumah sakit bersalin (m^3 /tahun), $q(sp)$ = konsumsi air per unit puskesmas (liter/unit/hari), dan $q(srsb)$ = konsumsi air per unit rumah sakit bersalin (liter/bed/hari).

Kebutuhan air untuk fasilitas pendidikan dihitung dengan asumsi bahwa jumlah hari libur dalam 1 tahun sebanyak 22 hari libur nasional, 48 hari libur mingguan, dan 29 hari libur semesteran. Standar kebutuhan air sebesar 10 liter/murid/hari. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Q_p = \Sigma \text{ murid} \times q(p)/1000 \times (365 - \Sigma \text{ hari libur}) \dots\dots\dots (5)$$

Di mana Q_p = konsumsi air untuk fasilitas pendidikan (m^3 /tahun) dan $q(p)$ = standar konsumsi air per murid sebesar (liter/murid/hari).

Kebutuhan air untuk fasilitas peribadatan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{ib}(\text{mas}) = \Sigma \text{ masjid} \times 365 \text{ hari} \times q(\text{ibmas})/1000 \dots\dots\dots (6)$$

$$Q_{ib}(\text{mus}) = \Sigma \text{ mushola} \times 365 \text{ hari} \times q(\text{ibmus})/1000 \dots\dots\dots (7)$$

$$Q_{ib} = Q_{ib}(\text{mas}) + Q_{ib}(\text{mus}) \dots\dots\dots (8)$$

Di mana Q_{ib} = konsumsi air untuk fasilitas peribadatan (m^3 /tahun), $Q_{ib}(\text{mas})$ = konsumsi air untuk masjid (m^3 /tahun), $Q_{ib}(\text{mus})$ = konsumsi air untuk mushola (m^3 /tahun), $q(\text{ibmas})$ = standar konsumsi air masjid (liter/unit/hari), dan $q(\text{ibmus})$ = standar konsumsi air mushola (liter/unit/hari).

Kebutuhan air untuk perkantoran dihitung dengan asumsi bahwa jumlah hari libur dalam 1 tahun sebanyak 22 hari libur nasional dan 96 hari libur mingguan. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Q_k = \Sigma \text{ pegawai } \times q(k)/1000 \times (365 - \Sigma \text{ hari libur}) \dots\dots\dots (9)$$

Di mana Q_k = konsumsi air untuk fasilitas perkantoran (m^3 /tahun) dan $q(k)$ = standar konsumsi air perkantoran (liter/pegawai/hari).

Kebutuhan air untuk industri, pasar, dan pertokoan dihitung dengan asumsi bahwa jumlah hari libur dalam 1 tahun untuk pegawai industri sebanyak 22 hari libur nasional dan 48 hari libur mingguan (6 hari kerja per minggu), sedangkan untuk toko, warung makan, dan pasar (Karanganyar) yang tidak ada keterangan jumlah kursi dan pegawainya diasumsikan mempunyai 2 pegawai per toko, 20 kursi per warung makan, dan luas pasar sebesar rata-rata luas pasar di Wonogiri. Rumus-rumus yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

$$Q_{id-ind} = (365 - \Sigma \text{ hari libur}) \times \Sigma \text{ industri} \times q(id-ind)/1000 \times (3600 \times 24) \dots\dots\dots (10)$$

$$Q_{id-psr} = 365 \text{ hari} \times \text{luas pasar} \times q(id-psr)/1000 \dots\dots\dots (11)$$

$$Q_{id-toko} = 365 \text{ hari} \times \Sigma \text{ pegawai} \times q(id-toko)/1000 \dots\dots\dots (12)$$

$$Q_{id-wm} = 365 \text{ hari} \times \Sigma \text{ kursi} \times q(id-wm)/1000 \dots\dots\dots (13)$$

Di mana Q_{id-ind} = konsumsi air untuk industri (m^3 /tahun), Q_{id-psr} = konsumsi air untuk pasar (m^3 /tahun), $Q_{id-toko}$ = konsumsi air untuk toko (m^3 /tahun), Q_{id-wm} = konsumsi air untuk warung makan (m^3 /tahun), $q(id-ind)$ = standar konsumsi air industri (liter/detik/hari), $q(id-psr)$ = standar konsumsi air pasar (lt/hektar/hari), dan $q(id-wm)$ = standar konsumsi air warung makan (liter/kursi/hari).

Kebutuhan air untuk peternakan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_{pt} = 365 \text{ hari} \times \{q(c/b) \times P(c/b) + q(s/g) \times P(s/g) + q(pi) \times P(pi) + q(po) \times P(po)\} \dots\dots\dots (14)$$

Di mana Q_{pt} = konsumsi air untuk ternak (m^3 /tahun), $q(c/b)$ = standar konsumsi air sapi/kerbau (liter/ekor/hari), $P(c/b)$ = jumlah sapi/kerbau (ekor), $q(s/g)$ = standar konsumsi air domba/kambing (liter/ekor/hari), $P(s/g)$ = jumlah domba/kambing (ekor), $q(pi)$ = standar konsumsi air babi (liter/ekor/hari), $P(pi)$ = jumlah babi (ekor), $q(po)$ = standar konsumsi air unggas (liter/ekor/hari), $P(po)$ = jumlah unggas (ekor).

Kebutuhan air untuk irigasi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_i = A \times (q(i)/1000) \times T_n \times (3600 \times 24) \dots\dots\dots (15)$$

Di mana Q_i = konsumsi air untuk irigasi (m^3 /tahun), $q(i)$ = standar konsumsi air untuk irigasi (liter/detik/ha), dan T_n = jumlah hari irigasi (asumsi 4 bulan).

Kebutuhan total di DAS Keduang adalah sebagai berikut:

$$Q_{tot} = Q_d + Q_s + Q_p + Q_{ib} + Q_k + Q_{id} + Q_{pt} + Q_i \dots\dots\dots (16)$$

Tabel 1. Standar kebutuhan air untuk masing-masing kepentingan

No.	Jenis kepentingan	Standar kebutuhan air	Satuan
1	Domestik	60	lt/kapita/hari
2	Kesehatan : - puskesmas - RS bersalin	2.000	lt/unit/hari
		200	lt/bed/hari
3	Pendidikan	10	lt/murid/hari
4	Peribadatan : - masjid - mushola	3.000	lt/unit/hari
		2.000	lt/unit/hari
5	Perkantoran	10	lt/pegawai/hari
6	Industri, pasar, dan pertokoan :		
	- industri	10	lt/ hari
	- toko	10	lt/pegawai/hari
	- pasar	12.000	lt/hektar/hari
	- warung makan	100	lt/tempat duduk/hari
7	Peternakan : - sapi/kerbau	40	lt/ekor/hari
	- domba/kambing	5	lt/ekor/hari
	- babi	6	lt/ekor/hari
	- unggas	0.6	lt/ekor/hari
8	Irigasi	1	lt/det/ha

Sumber: SNI 19-6728.1-2002 dan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU tahun 1996

C. Ketersediaan Air di DAS Keduang

Data yang dipergunakan untuk perhitungan ketersediaan air di DAS Keduang meliputi data curah hujan dan suhu udara dari tahun 2004 sampai dengan 2013, luas dan ketinggian DAS. Ketersediaan air ini dihitung dengan menggunakan analisis evapotranspirasi Metode Turc Langbein. Menurut Seyhan (1977), analisis ini menggunakan konsep neraca air secara meteorologis pada suatu DAS (Solun, 2012).

$$P = R + Ea \pm \Delta St \dots\dots\dots (17)$$

Di mana P = curah hujan (mm), R = limpasan permukaan, Ea = evapotranspirasi aktual, Δ St = perubahan simpanan air.

Karena neraca air ini diterapkan untuk periode rata-rata tahunan, maka Δ St dapat dianggap nol, sehingga surplus air yang tersedia (R) adalah P – Ea. Jumlah air yang tersedia atau diandalkan (Ra) diperkirakan sebesar 25% hingga 35% dari surplus air tersebut. Sedangkan Ea tahunan dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus Turc-Langbein sebagai berikut:

$$Ea = P / \sqrt{(0,9 + (P/Eo)^2)} \dots\dots\dots (18)$$

$$Eo = 325 + 21 T + 0,9 T^2 \dots\dots\dots (19)$$

Di mana Eo = evaporasi air permukaan (mm/tahun) dan T = suhu udara rata-rata tahunan pada median elevasi DAS (°C).

Analisis data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif komparatif, deskripsi kuantitatif dan komparatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kebutuhan Air

Total kebutuhan air mencapai 81.063.567,42 m³/tahun dengan rincian per masing-masing jenis penggunaan dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan air terbanyak adalah untuk kepentingan irigasi (72.900.687,32 m³/tahun), sedangkan kebutuhan air terendah adalah untuk fasilitas perkantoran (3.181,36 m³/tahun). Hal ini disebabkan karena luasnya sawah irigasi yang mencapai 6.859,82 ha dan jumlah perkantoran yang terbatas dengan jumlah pegawai yang tidak banyak, yaitu 97 unit dengan 1.288 pegawai. Perkantoran yang dimaksud meliputi kantor kecamatan, kelurahan/balai desa, dan kantor pemerintahan lainnya.

Tabel 2. Kebutuhan air berdasarkan masing-masing jenisnya di DAS Keduang

No.	Jenis Kebutuhan Air	Jumlah (m ³ /tahun)
1	Domestik (Qd)	6.121.203,30
2	Perkantoran (Qk)	3.181,36
3	Fasilitas Kesehatan (Qs)	113.150,00
4	Fasilitas Pendidikan (Qp)	124.009,20
5	Fasilitas Peribadatan (Qib)	907.755,00
6	Peternakan (Qpt)	868.947,11
7	Industri, pasar, dan pertokoan (Qid)	24.634,14
8	Irigasi (Qi)	72.900.687,32
Total		81.063.567,42

Sumber: pengolahan data

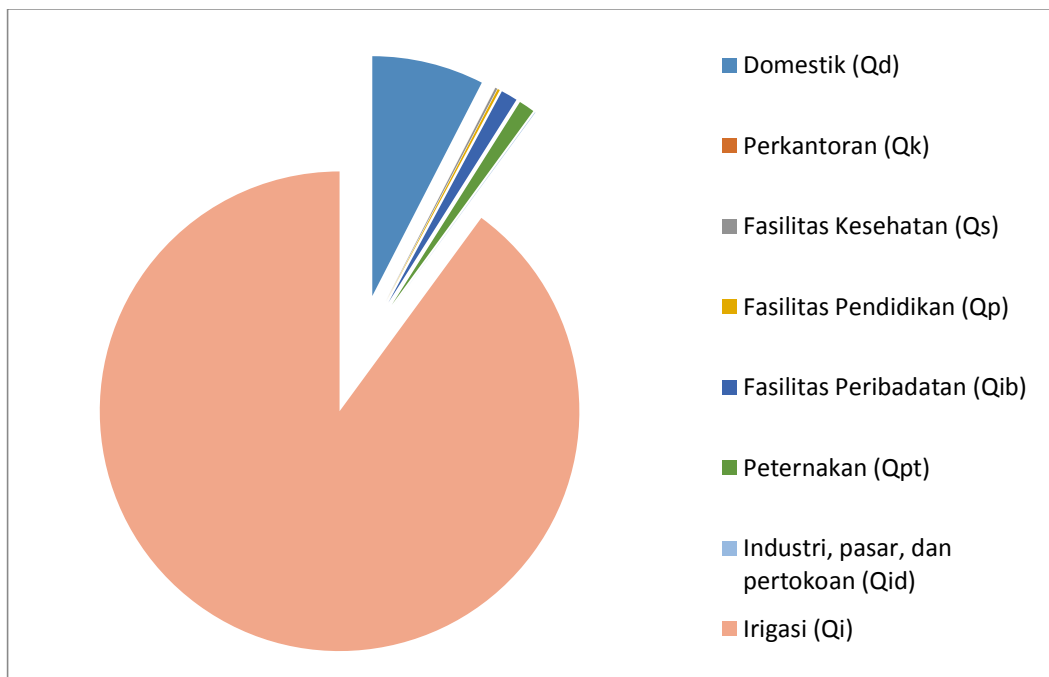
Kebutuhan air untuk domestik tergantung dari jumlah penduduknya. Pada tahun 2013, jumlah penduduk di DAS Keduang sebanyak 279.507 jiwa sehingga kebutuhan air untuk domestiknya sebesar 6.121.203,30 m³/tahun. Kebutuhan air untuk fasilitas kesehatan tergantung dari jumlah puskesmas dan tempat tidur dari rumah sakit atau klinik. Terdapat 34 unit puskesmas dan 850 tempat tidur dari 34 rumah sakit/klinik sehingga kebutuhan airnya mencapai 113.150 m³/tahun.

Kebutuhan air untuk fasilitas pendidikan tergantung dari jumlah muridnya dan sebesar 124.009,20 m³/tahun. Kebutuhan air untuk fasilitas peribadatan dihitung berdasarkan jumlah masjid dan mushala yang mempergunakan air dalam ritual ibadahnya. Jumlah masjidnya sebanyak 665 unit dan mushala sebanyak 245 unit sehingga kebutuhan airnya sebanyak 907.755 m³/tahun.

Kebutuhan air untuk peternakan dihitung berdasarkan jumlah masing-masing jenis hewan. Jumlah masing-masing jenis ternak adalah 38.852 ekor sapi/kerbau, 88.925 ekor kambing/domba, 4.049 ekor babi, dan 596.130 ekor unggas sehingga kebutuhan airnya adalah 868.947,11 m³/tahun.

Kebutuhan air untuk industri, pasar, dan pertokoan dihitung berdasarkan jumlah pegawai dan hari masuk kerja untuk industri dan pertokoan, luas pasar untuk fasilitas pasar. dan jumlah kursi untuk warung makan. Jumlah toko sebanyak 176 unit dan warung makan sebanyak 8 unit. Jumlah pegawai industri sebanyak 40 orang dari 4 unit industri dan luas pasar seluas 29.647 m² sehingga kebutuhan airnya adalah 24.634.14 m³/tahun.

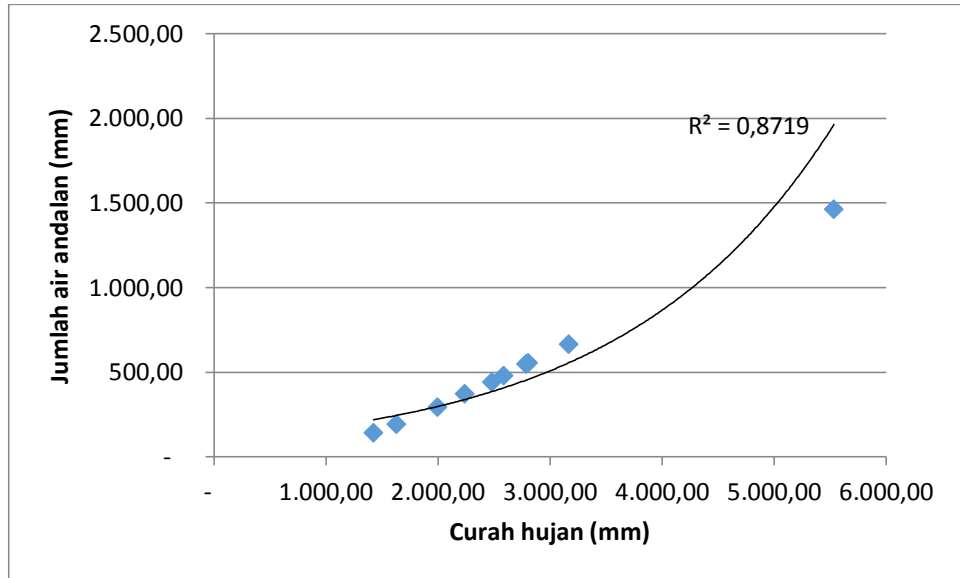
Gambar 1 memperlihatkan persentase kebutuhan air berdasarkan jenis penggunaannya dengan rincian 7,55% untuk domestik, 0,004% untuk perkantoran, 0,14% untuk fasilitas kesehatan, 0,15% untuk fasilitas pendidikan, 1,12% untuk fasilitas peribadatan, 1,07% untuk peternakan, 0,03% untuk industri, pasar, dan pertokoan, dan 89,93% untuk irigasi.



Gambar 1. Persentase kebutuhan air berdasarkan jenis penggunaannya

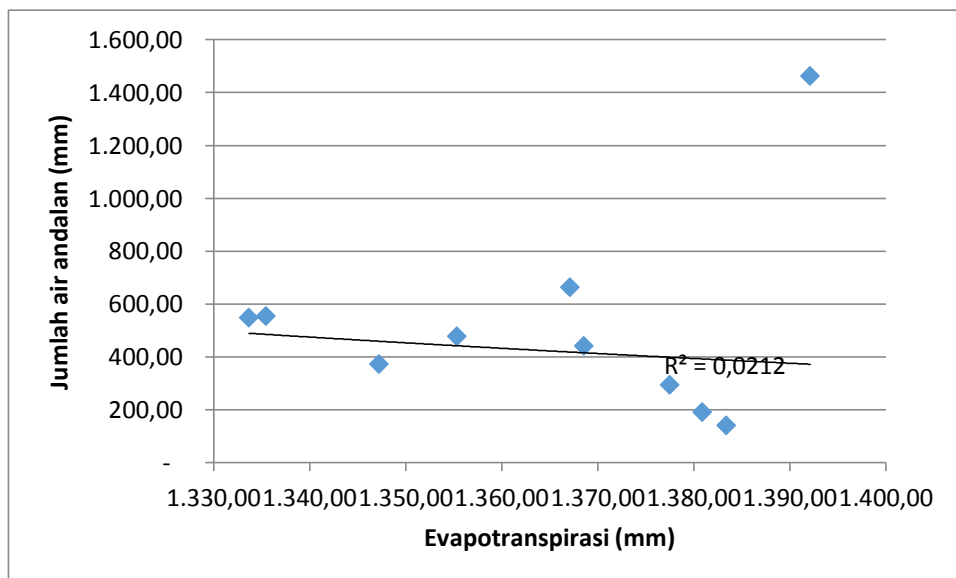
B. Ketersediaan Air

Berdasarkan perhitungan dengan pendekatan Turc-Langbein, diketahui bahwa surplus air yang tersedia (R) sebesar 2.344,56 mm/tahun sehingga jumlah air yang tersedia atau diandalkan (Ra) sebesar 820,60 mm/tahun dan ketersediaan air di DAS Keduang (luas sebesar 42.098,07 ha) sebesar 280.160.992,62 m³/tahun. Besarnya ketersediaan air dipengaruhi oleh curah hujan (P), evapotranspirasi (Ea), dan luas DAS. Hubungan tersebut dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini.

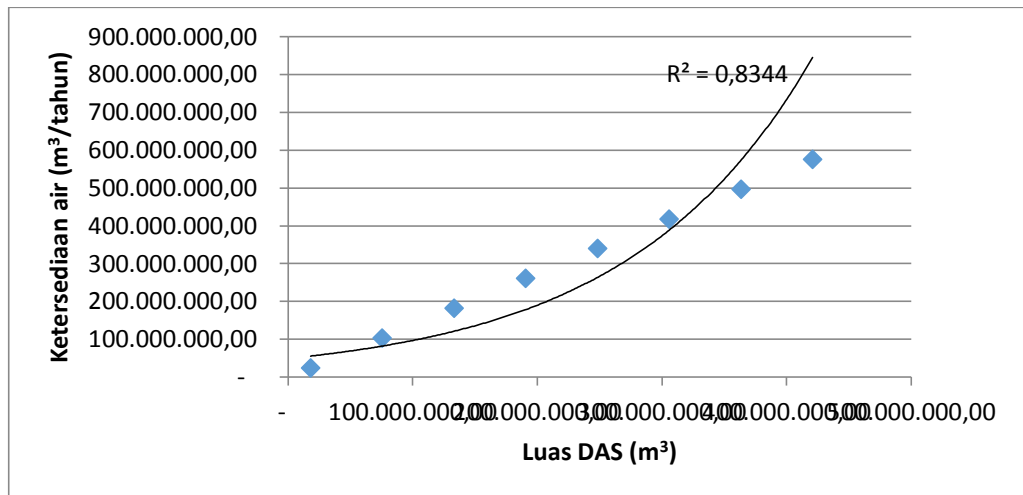


Gambar 2. Hubungan antara jumlah air andalan dan curah hujan

Berdasarkan grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar curah hujan yang turun di DAS, semakin besar jumlah air andalan yang dihasilkan. Koefisien determinasinya (R^2) cukup besar, yaitu 0,871, yang berarti bahwa 87,1% dari curah hujan yang turun di wilayah DAS akan menjadi air andalan. Sedangkan hubungan antara jumlah air andalan dan evapotranspirasi berbanding terbalik (gambar 2). Semakin besar evapotranspirasi yang terjadi di DAS, semakin kecil jumlah air andalan yang dihasilkan. Namun demikian, besarnya ketersediaan air pada suatu DAS sangatlah tergantung dari luas DAS tersebut. Semakin luas DAS-nya, semakin besar pula ketersediaan airnya.



Gambar 3. Hubungan antara surplus air dan evapotranspirasi



Gambar 4. Hubungan antara ketersediaan air dan luas DAS

C. Neraca Air di DAS Keduang

Neraca air di DAS Keduang ditentukan berdasarkan analisis keseimbangan antara ketersediaan air secara meteorologis dan kebutuhan air untuk berbagai jenis penggunaan air. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terjadi surplus air di DAS Keduang sebesar 199.097.425,19 m³ pada tahun 2013. Kebutuhan air sebesar 81.063.567,42 m³/tahun diimbangi dengan ketersediaan air sebesar 280.160.992,62 m³/tahun. Hal ini disebabkan karena kebutuhan air lebih kecil daripada ketersediaannya.

Besarnya kebutuhan air, terutama, dipengaruhi oleh jumlah populasi penduduknya. Semakin besar jumlah penduduknya, semakin besar kebutuhan air domestiknya. Selain penduduk, luasan sawah dengan irigasi, baik sederhana, semi teknis, maupun teknis, dan jumlah ternak juga mempengaruhi besarnya kebutuhan air. Jumlah fasilitas-fasilitas kesehatan, pendidikan, peribadatan, perkantoran, industri, pasar, dan pertokoan juga mempengaruhinya walaupun tidak besar. Penggunaan air terbesar adalah untuk irigasi. Pemenuhan kebutuhan pangan dan aktivitas penduduk selalu erat kaitannya dengan kebutuhan akan air (Sari dkk., 2012).

Berdasarkan hasil penelitian Cahyono (2015), sebagian besar daerah kabupaten di hulu DAS Bengawan Solo tergolong daerah yang tertinggal (tipologi 4) dengan pertumbuhan ekonomi dan pendapatan per kapitanya masih di bawah rerata DAS Bengawan Solo. Termasuk di dalamnya adalah Kabupaten Wonogiri dan Karanganyar. Di daerah yang mengalami perkembangan perekonomian yang relatif kecil per tahunnya, dimungkinkan adanya penggunaan air yang tidak melebihi kebutuhan pokok sehari-hari (Sari dkk., 2012). Hal tersebut menyebabkan kebutuhan air di DAS Keduang tidak besar apabila dibandingkan dengan ketersediaannya.

Pada penelitian ini, ketersediaan air dipengaruhi oleh besar curah hujan dan luas DAS. Sebaliknya ketersediaan air hanya sedikit sekali dipengaruhi oleh evapotranspirasi, yaitu 2,1%. Hal ini disebabkan oleh tidak diperhitungkannya faktor penutupan lahan pada pendekatan Turc-Langbein. Evapotranspirasi hanya dihitung berdasarkan besarnya curah hujan dan suhu udara.

KESIMPULAN

1. Kebutuhan air di DAS Keduang pada tahun 2013 sebesar 81.063.567,42 m³.
2. Kebutuhan air terbanyak adalah untuk kepentingan irigasi (72.900.687,32 m³/tahun), sedangkan kebutuhan air terendah adalah untuk fasilitas perkantoran (3.181,36 m³/tahun).
3. Ketersediaan air secara meteorologis di DAS Keduang pada tahun 2013 sebesar 280.160.992,62 m³.
4. Ketersediaan air lebih dipengaruhi oleh besar curah hujan dan luas DAS.
5. Surplus air di DAS Keduang pada tahun 2013 sebesar 199.097.425,19 m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Cahyono, S.A. 2015. Pertumbuhan dan Ketimpangan Ekonomi Di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam Vol 12 No 1.
- Sari, I.K., Lily M. L. dan Dwi P. 2011. Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Air Pada DAS Sampean. Jurnal Pengairan Vol 2 No 1.
- Solin, Y. 2012. Analisis Kebutuhan dan Ketersediaan Air Secara Meteorologis di Daerah Aliran Sungai Deli Provinsi Sumatera Utara. Jurnal Tunas Geografi Vol 1 No 1.
- Suryamatja, H. 2006. 7. Hidrometri. http://mayong.staff.ugm.ac.id/site/?page_id=110. Diakses tanggal 12 April 2015.