

Analisis Perubahan Daya Dukung Sumberdaya Air Berdasarkan Ketersediaan dan Kebutuhan Air di DAS Gembong Tahun 2010-2020

Analysis of Changes in the Carrying Capacity of Water Resources Based on the Availability and Demands of Water in the Gembong Watershed Area, 2010-2020

Mega Widiyaningsih^{1*}, Chatarina Muryani², Rahning Utomowati²

¹Program Studi Pendidikan Geografi, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Indonesia

²Pendidikan Geografi, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Indonesia

*Email korespondensi : widiyaningsihm11@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Gembong Kabupaten Karanganyar khususnya di Kecamatan Tawangmangu yang terletak di bagian hulu DAS Gembong terjadi akibat meningkatnya pengembangan kawasan wisata. Sebagai pengatur tata air dan kawasan resapan, keberadaannya perlu dilestarikan fungsinya untuk menjaga keseimbangan ekosistem di DAS tersebut. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui daya dukung sumber daya air, dan perubahan daya dukung sumber daya air dari tahun 2010 hingga 2020. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan keruangan. Perhitungan ketersediaan air disimulasikan berdasarkan data curah hujan dan iklim, sedangkan kebutuhan air dihitung berdasarkan berbagai macam peruntukan kebutuhan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung sumber daya air di DAS Gembong pada tahun 2010 dan 2020 dalam keadaan surplus. Tahun 2010 terjadi surplus penggunaan air sebesar 24,163,553.54 m³ per tahun, sedangkan tahun 2020 juga terjadi surplus air sebesar 23,550,429.40 m³ per tahun. Berdasarkan nilai daya dukung sumber daya air antara tahun 2010 hingga 2020 telah mengalami perubahan yang cukup signifikan karena mengalami penurunan yang cukup tinggi sebesar 1,360,828.92 m³.

Kata kunci: daya dukung, kebutuhan air, persediaan air, sumber daya air

ABSTRACT

Changes in land use occur in the Gembong Watershed (DAS) Karanganyar Regency, especially in Tawangmangu District, which is located in the upstream part of the Gembong Watershed, due to the increasing development of tourist areas. As a regulator of water systems and catchment areas, its function needs to be preserved to maintain the balance of the ecosystem in the watershed. The research objective was to determine the carrying capacity of water resources and their changes from 2010 to 2020. The research method used was a quantitative descriptive method with a spatial approach. Calculation of water availability is simulated based on rainfall and climate data; while water demand is calculated based on various uses of water needs. The results showed that the carrying capacity of water resources in the Gembong watershed in 2010 and 2020 was in a state of surplus. In 2010 there was a water use surplus of 24,163,553.54 m³ per year, while in 2020 there was also a water surplus of 23,550,429.40 m³ per year. Based on the value of the carrying capacity of water resources between 2010 and 2020, there has been a significant change due to a fairly high decline of 1,360,828.92 m³.

Keywords: carrying capacity, water demand, water supply, water resources

PENDAHULUAN

Air memiliki peran yang sangat penting guna kelangsungan hidup manusia dan dalam perkembangan sosial ekonomi regional, terutama di wilayah kering dan semi-kering (Ren *et al.*, 2015). Sumberdaya air pada saat ini sedang mengalami kecenderungan penurunan baik kualitas maupun ketersediaannya. Hal ini terjadi karena adanya pengelolaan sumberdaya air yang tidak memperhatikan konsep daya dukung lingkungan baik di wilayah hulu, tengah atau di hilir (Kusumawardhani, 2020). Upaya yang dapat dilakukan guna menghadapi ketidakseimbangan antara pasokan dan penggunaan air dimana pasokan air cenderung menurun sedangkan penggunaan air semakin meningkat adalah dengan mengelola sumberdaya air yang wajib memperhatikan fungsi sosial dan ekonomi serta lingkungan hidup secara selaras (Hariyanto & Iskandar, 2011).

Jumlah air di permukaan bumi kurang lebih mencapai 1.3 - 1.4 milyar km³, dengan sekitar 97% air di bumi berupa air asin, sedangkan 3% berupa air tawar yang sekitar dua per tiga bagiannya berupa es yang terdapat di kutub, dan sisanya berwujud air tanah (Indarto, 2012). Dengan adanya perkembangan pada suatu wilayah akan menyebabkan meningkatnya kebutuhan air bersamaan dengan laju pertumbuhan penduduk yang terus meningkat. Dengan meningkatnya kebutuhan air tentu akan berkaitan erat dengan aktivitas dan upaya pemenuhan kebutuhan pangan penduduk (Sari, dkk., 2011). Akibat adanya perlakuan manusia yang kurang baik dalam menjaga kelestarian dan kelangsungan sumber air, mengakibatkan tingkat ketersediaan sumber daya air menurun (Mokoginta & Mangangka, 2015). Terdapat dua penyebab utama kelangkaan air yaitu kelangkaan fisik dan kelangkaan ekonomi. Kelangkaan fisik terjadi ketika air tidak mencukupi di suatu wilayah untuk memenuhi permintaan. Kelangkaan ekonomi terjadi ketika air ada tetapi pengelolaannya buruk dan kurangnya infrastruktur yang menyebabkan terbatasnya ketersediaan air bersih (Ren *et al.*, 2019).

Curah hujan merupakan salah satu sumber air yang penting. Pada musim

penghujan, debit curah hujan akan meningkat dan berlimpah, namun akibat adanya perubahan fungsi lahan dan adanya pengerasan lahan mengakibatkan jumlah air hujan yang meresap kedalam tanah semakin berkurang (Indriatmoko & Rahardjo, 2015). Di Indonesia, potensi air hujan yang menjadi aliran dan dapat dimanfaatkan baru sebesar 28%, sedangkan 72% sisanya terbuang percuma atau mengalir langsung menuju ke laut (Indarto, 2012). Kondisi demikian menunjukkan bahwa jumlah ketersediaan air yang digunakan untuk kebutuhan manusia sangatlah terbatas, sementara kebutuhan manusia terus mengalami peningkatan (Soemarto, 1987).

Selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga (domestik), air juga dapat dimanfaatkan pada aspek kehidupan lainnya, seperti untuk pertanian, perkebunan, perumahan, industri, pariwisata, dan lainnya (Samekto & Winata, 2010). Pertumbuhan penduduk, kegiatan ekonomi, dan dampak perubahan iklim menimbulkan kelangkaan air atau suatu kondisi dimana kebutuhan air meningkat melebihi ketersediaan air yang tersedia karena tidak tersedianya secara fisik dan struktur pengelolaan air yang tidak memadai (Hoekstra *et al.*, 2012). Ketika permintaan melebihi pasokan yang tersedia, maka alokasi air gagal untuk memenuhi kebutuhan yang menyebabkan penurunan ketersediaan air per kapita. Situasi ini semakin intensif dengan meningkatnya permintaan dalam kasus urbanisasi yang cepat dan peningkatan standar hidup seiring dengan dampak dari kondisi iklim yang parah (Babel *et al.*, 2005).

Pada saat ini salah satu isu lingkungan yang menjadi permasalahan global adalah terjadinya ketidakseimbangan antara makhluk hidup yang tinggal di bumi dengan daya dukung lingkungannya (*Global Footprint Network*, 2010). Daya dukung sumberdaya air merupakan kemampuan sumberdaya air untuk menopang lingkungan ekonomi, sosial, dan ekologi dan kajian *Water Resource Carrying Capacity* (WRCC) merupakan dasar dari pembangunan berkelanjutan dan strategi keamanan air (Cheng, 2002; Ren, 2015). Sehingga perlunya mengetahui daya

dukung sumberdaya air khususnya di DAS Gembong Kabupaten Karanganyar.

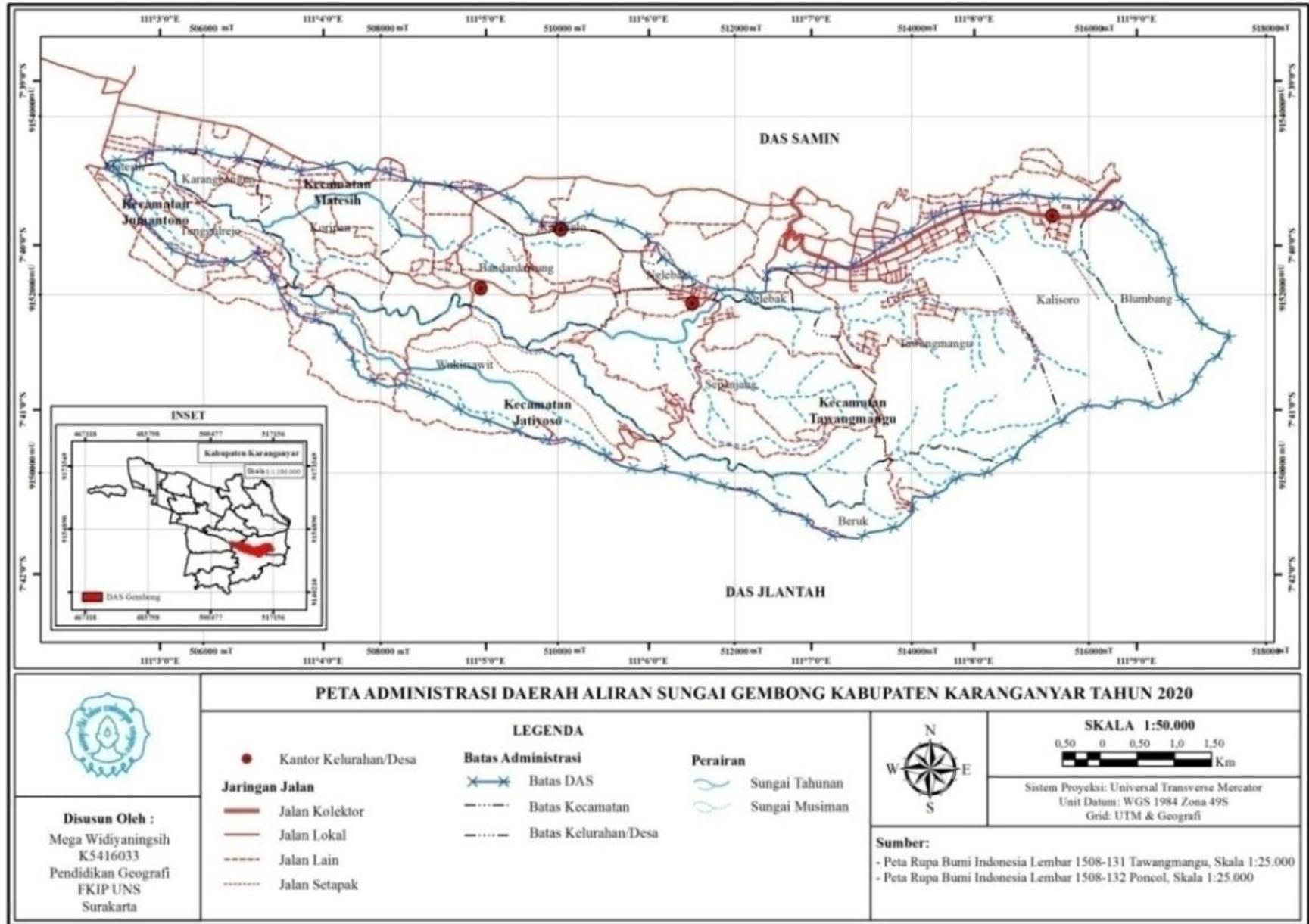
DAS Gembong berada di lereng barat Gunungapi Lawu dan termasuk dalam wilayah administrasi Kabupaten Karanganyar. Bagian hulu DAS Gembong memiliki fungsi utama sebagai kawasan resapan dan pengatur tata air, sehingga keberadaannya perlu dilestarikan fungsinya untuk menjaga keseimbangan ekosistem di dalam DAS tersebut. Penggunaan lahan di DAS Gembong didominasi oleh kebun campur yang mencapai sekitar 34% dari luas keseluruhan DAS Gembong. DAS Gembong juga memiliki jumlah penduduk yang cukup tinggi, yaitu sebesar 68,428 jiwa pada tahun 2010 namun pada tahun 2020 menurun menjadi 65,253 jiwa. Semakin meningkatnya jumlah penduduk, maka menyebabkan semakin meningkat pula kebutuhan air bersih di DAS Gembong. Kondisi ini akan menimbulkan permasalahan lingkungan apabila jumlah ketersediaan air tidak dapat mencukupi kebutuhannya. Pemilihan tahun 2010 hingga 2020 didasarkan pada beberapa fenomena perubahan, seperti pertumbuhan jumlah penduduk yang cukup signifikan, dan perubahan penggunaan lahan atau konversi lahan di DAS Gembong. Oleh karena itu, penelitian terkait daya dukung sumberdaya air guna pemenuhan kebutuhan air bersih di DAS Gembong penting untuk dilakukan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis daya

dukung sumberdaya air di DAS Gembong Kabupaten Karanganyar pada tahun 2010-2020, dan untuk mengetahui perubahan daya dukung sumberdaya air antara tahun 2010 hingga sumberdaya air yang dibandingkan dengan kebutuhan air bersih selama tahun 2010 hingga 2020.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Daerah Aliran Sungai (DAS) Gembong secara administratif berada di wilayah Kabupaten Karanganyar yang meliputi 4 kecamatan yakni Kecamatan Matesih, Jumantono, Jatiyoso dan Tawangmangu dengan jumlah desa sebanyak 13 desa. Desa-desanya tersebut yaitu Desa Matesih, Koripan, Karang Bangun, Tunggulrejo, Beruk, Wukirsawit, Kalisoro, Blumbang, Nglebak, Bandardawung, Karanglo, Sepanjang dan Tawangmangu. DAS Gembong yang memiliki luas $\pm 2,761.51$ hektar ini adalah salah satu bagian dari Sub DAS Bengawan Solo yang berbatasan langsung Sub DAS Samin dan Sub DAS Jlantah, sebagaimana disajikan dalam Gambar 1. Berdasarkan Peta Rupabumi Digital Indonesia lembar 1508-131 Tawangmangu dan Lembar 1508-132 Poncol, secara geografis DAS Gembong terletak pada koordinat $7^{\circ}39'31.71''$ LS- $7^{\circ}40'33.09''$ LS dan $111^{\circ}9'34.27''$ BT - $111^{\circ}2'39.51''$ BT.



Gambar 1. Peta DAS Gembong sebagai daerah penelitian

Metode Penelitian

Metode analisis data yang dipergunakan pada penelitian ini adalah dengan metode deskriptif kuantitatif yang berdasarkan pendekatan keruangan. Metode deskriptif digunakan untuk menganalisis perubahan daya dukung sumber daya air, sedangkan metode kuantitatif menggunakan bantuan *microsoft excel* untuk menganalisis nilai Daya Dukung Sumberdaya Air (DDA).

Analisis Ketersediaan Air

Analisis ketersediaan air di DAS Gembong dalam penelitian ditinjau berdasarkan atas ketersediaan air permukaan dan air tanah. Ketersediaan air permukaan dihitung menggunakan model neraca air (*water balance*) yang merujuk pada metode Mock (Triatmodjo, 2008 dalam Zulkipli, 2012), dengan memperhitungkan debit bulanan dari data curah hujan bulanan, temperatur atau suhu udara, lama penyinaran matahari, kecepatan angin, dan evapotranspirasi (Stasiun Klimatologi Jumantono FP UNS), dengan prosedur perhitungan (Standar Perencanaan Irigasi) yaitu:

1. Data Curah Hujan

Nilai curah hujan bulanan (P) yang digunakan didapatkan dari pencatatan data hujan bulanan (mm) dan jumlah hari hujan pada bulan yang bersangkutan (n).

2. Evapotranspirasi Terbatas

Evapotranspirasi terbatas merupakan evapotranspirasi aktual yang mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta frekuensi curah hujan (Allen *et al.*, 1998 dalam Ariyani, 2015). Perhitungan evapotranspirasi terbatas dan evapotranspirasi aktual terdapat pada Persamaan (1) dan Persamaan (2).

$$E_t = E_p - E \dots \dots \dots (1)$$

$$E = E_p \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- E = Evapotranspirasi aktual (mm)
- E_t = Evapotranspirasi terbatas (mm)
- E_p = Evapotranspirasi potensial (mm)
- n = Jumlah hari hujan (hari)
- m = Singkapan lahan/*exposed surface* (%)

Nilai singkapan lahan ditaksir berdasarkan peta tata guna lahan atau dengan asumsi yaitu:

m = 0% untuk lahan dengan hutan lebat

m = 0% pada akhir musim hujan dan bertambah 10% setiap bulan kering untuk lahan sekunder

m = 10%-40% untuk lahan yang tererosi

m = 20%-50% untuk lahan pertanian yang diolah

3. Keseimbangan Air Permukaan Tanah

Keseimbangan air permukaan tanah dapat dihitung berdasarkan curah hujan bulanan dikurangi nilai evapotranspirasi terbatas rata-rata bulanan sehingga diperoleh Persamaan (3).

$$E_r = P - E_t \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- E_r = Air hujan yang mencapai permukaan air tanah (mm)
- P = Curah hujan bulanan (mm)
- E_t = Evapotranspirasi terbatas (mm)

4. Soil Storage (SS)

Soil Storage disebut juga dengan penyimpanan air tanah/perubahan kandungan air tanah. Nilai *Soil Storage* tergantung dari nilai air hujan yang mencapai permukaan air tanah (E_r).

- a. Apabila E_r ≥ 0 maka nilai SS = 0
- b. Apabila E_r < 0 maka nilai SS = E_r

5. Soil Moisture Capacity (SMC)

Dalam perhitungan ini nilai SMC diambil antara 50 mm sampai dengan 200 mm (Mock, 1973).

- a. Apabila nilai SS = 0 maka nilai SMC = 200
- b. Apabila nilai SS < 0 maka nilai SMC = 200-SS

6. Water Surplus (WS)

Apabila nilai SS kurang dari nol (0) maka nilai *water surplus* sama dengan nol. Nilai *water surplus* dinyatakan dalam Persamaan (4).

$$W_s = E_r - SS \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

WS = Kelebihan air (mm)

Er = Air hujan yang mencapai permukaan air tanah (mm)

SS = Perubahan kandungan air tanah (mm)

7. Aliran dan Penyimpangan Air Tanah (*Run-Off dan Ground Water Storage*)

Nilai *run-off* dan *ground water* tergantung dari keseimbangan air dan kondisi tanahnya. Data yang diperlukan yaitu:

a. Koefisien infiltrasi (i) = 0.4

b. Faktor resesi aliran air tanah (k) = 0.7

Adapun persamaan yang diperoleh berdasarkan data tersebut terdapat pada Persamaan (5), Persamaan (6) dan persamaan (7).

$$I = \text{water surplus} \times i \dots\dots\dots(5)$$

$$V_n = (k \times V_{(n-1)}) + (0,5 \times (1 + k) \times I \dots\dots(6)$$

$$\Delta V_n = V_n - V_{(n-1)} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

I = Infiltrasi volume air yang masuk kedalam tanah (mm)

V_n = Volume air tanah (mm)

i = Koefisien infiltrasi

k = Faktor resesi aliran air tanah

$V_{(n-1)}$ = Volume air tanah bulan ke-1 (mm)

ΔV_n = Perubahan volume air tanah (mm)

8. Aliran Sungai

Air hujan yang turun akan menempuh beberapa jalur untuk menuju ke sungai dan menjadi aliran sungai (*run off*). Satu bagian akan mengalir sebagai aliran dasar (*base flow*) dan bagian kedua akan menjadi limpasan langsung (*direct runoff*). Adapun persamaan yang diperoleh dapat dilihat pada Persamaan (8), Persamaan (9) dan Persamaan (10).

$$\text{Base Flow (BF)} = I - \Delta V_n \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{Direct Run Off (DRO)} = WS - I \dots\dots(9)$$

$$\text{RunOff} = \text{DRO} + \text{BF} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

BF = *Base Flow* atau aliran dasar (mm)

I = Infiltrasi (mm)

V_n = Volume air tanah (mm)

DRO = Limpasan langsung (mm)

WS = Kelebihan air (mm)

Run Off = Aliran sungai (mm)

Ketersediaan cadangan air tanah pada penelitian ini dihitung berdasarkan Peta Cekungan Air Tanah (CAT). Dalam perhitungan ketersediaan air tanah dihitung berdasarkan Persamaan (11) (Pratikyo, 2016).

$$Q = \left(\frac{L1}{L2}\right) \times (Q1 - Q2) \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

Q = Debit air tanah di daerah penelitian (m^3 per tahun)

L1 = Luas wilayah daerah penelitian (km^2)

L2 = Luas wilayah cekungan air tanah (km^2)

Q1 = Debit aliran air tanah akuifer bebas pada wilayah cekungan air tanah (m^3 per tahun)

Q2 = Debit aliran air tanah akuifer tertekan pada wilayah cekungan air tanah (m^3 per tahun)

Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air yang dipergunakan dalam penelitian ini didapatkan dari total kebutuhan air dari berbagai macam peruntukan. Rumus perhitungan terdapat pada Persamaan (12).

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{irigasi}} + Q_{\text{PL}} + Q_{\text{ternak}} \dots\dots(12)$$

1. Kebutuhan Air Domestik (Q_{dom})

Standar kebutuhan air untuk keperluan domestik yang digunakan sekitar 120 liter per orang per hari untuk wilayah perkotaan, sedangkan untuk wilayah pedesaan sekitar 60 liter per orang per hari. Kebutuhan air untuk keperluan domestik dapat dilihat pada Persamaan (13) (Muta'ali, dkk., 2012).

$$Q_{\text{dom}} = 365 \text{ hari} \times \left\{ \frac{Q_u \times P_u}{1000} + \frac{(Q_r \times P_r)}{1000} \right\} \dots(13)$$

Keterangan:

Q_d = Kebutuhan air untuk domestik (m^3 per tahun)

Q_u = Konsumsi air pada daerah perkotaan (liter per orang per hari)

Q_r = Konsumsi air pada daerah pedesaan (liter per orang per hari)

P_u = Jumlah penduduk perkotaan (jiwa)

P_r = Jumlah penduduk pedesaan (jiwa)

2. Kebutuhan Air Irigasi (Q_{irigasi})
Kebutuhan air untuk irigasi diperhitungkan berdasarkan luas sawah irigasi pada daerah penelitian, baik irigasi teknis, irigasi semi teknis, dan irigasi sederhana (Muta'ali, dkk., 2012). Kebutuhan air irigasi dapat dihitung berdasarkan Persamaan (14).

$$Q_i = A_i \times I \times q \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan :

Q_i = Jumlah penggunaan air irigasi dalam setahun (m^3 per tahun)

A_i = Luas daerah irigasi (hektar)

I = Standar penggunaan air irigasi (1 liter per detik per hektar)

q = 0.001 m per detik per ha x 3600 x 24 x 120 hari per musim

3. Kebutuhan Air menurut Penggunaan Lahan (Q_{PL})

Perhitungan kebutuhan air menurut penggunaan lahan dilakukan dengan mengalikan standar kebutuhan air penggunaan lahan (Dumairy, 1992 dalam Setyawan, 2017) dengan luas penggunaan lahan tertentu. Kebutuhan air menurut penggunaan lainnya terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Air menurut Penggunaan Lahan

No	Bulan	Penggunaan Lahan (mm)			
		1	2	3	4
1	Jan	106	264	119	88
2	Feb	97	243	109	81
3	Mar	108	270	121	90
4	Apr	106	264	119	88
5	Mei	106	264	119	88
6	Juni	95	115	107	79
7	Juli	89	108	100	74
8	Agst	88	106	99	73
9	Sept	90	110	101	75
10	Okto	103	125	117	87
11	Nov	102	255	115	85
12	Des	110	276	124	92
Jumlah		1,200	2,400	1,350	1,000

Sumber: Dumairy (1992) dalam Setyawan (2017)

Keterangan:

(1) = Permukiman

(2) = Sawah 2x panen

(3) = Tegalan

(4) = Hutan Lainnya (Hutan, semak belukar, dan kebun)

4. Kebutuhan Air Peternakan (Q_{ternak})

Standar kebutuhan air bagi hewan ternak terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Kebutuhan Air untuk Hewan Ternak

No	Jenis Ternak	Konsumsi Air (liter per hari per ternak)
1.	Sapi atau kerbau	40.00
2.	Domba atau kambing	5.00
3.	Babi	6.00
4.	Unggas	0.60
5.	Kuda	37.85

Sumber: Muta'ali, dkk. (2012)

Kebutuhan air peternakan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (15).

$$Q_T = 365 \text{ hari} \times \{\Sigma(Q_t \times P_t)\} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

Q_T = kebutuhan air untuk ternak (m^3 per tahun)

Q_t = kebutuhan air untuk hewan ternak (liter per ekor per hari)

P_t = Jumlah hewan ternak (ekor)

Analisis Daya Dukung Sumber daya Air

Daya dukung sumber daya air ditentukan dengan membandingkan antara ketersediaan air dan kebutuhan air yang dapat dirumuskan pada Persamaan (16) (Muta'ali, dkk., 2012).

$$DDA = \frac{PSA}{KA} \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan :

DDA = Daya dukung sumber daya air (m^3 per tahun)

PSA = Potensi sumber daya air (m^3 per tahun)

KA = Kebutuhan air (m^3 per tahun)

Merujuk pada rumus tersebut apabila nilai daya dukung untuk suatu wilayah sudah terlampaui, maka penduduk dan semua kegiatan pembangunan tidak dapat mendapatkan jumlah air yang memadai sehingga mengakibatkan terjadinya krisis air atau defisit air yang berarti berarti:

- a. Apabila nilai $DDA > 1$, maka terjadi surplus air, dimana air masih mampu mendukung populasi yang ada

- b. Apabila nilai DDA < 1, maka terjadi defisit air dan berarti daya dukung sumberdaya air terlampaui

Perubahan Daya Dukung Sumber Daya Air

Perubahan daya dukung sumber daya air diketahui dari hasil tabulasi dan analisis deskriptif komparatif yaitu dengan membandingkan daya dukung sumber daya air tahun 2010 dan daya dukung sumber daya air tahun 2020 untuk mengetahui perubahan daya dukungnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketersediaan Air

Dalam perhitungan ketersediaan air di DAS Gembong mengacu pada data curah hujan dan data klimatologi serta peta cekungan air tanah, karena adanya keterbatasan data debit air sungai yang ada di wilayah penelitian. Berdasarkan data curah hujan tahun 2000-2009 DAS Gembong memiliki rata-rata curah hujan tahunan sebesar 2,313.95 mm per tahun, sedangkan pada tahun 2010-2019 memiliki rata-rata curah hujan tahunan sebesar 2,552.80 mm per tahun (Stasiun Klimatologi Jumantono FP UNS). Besaran rata-rata curah hujan bulanan ini akan mempengaruhi besarnya tingkat ketersediaan air permukaan di DAS Gembong.

Ketersediaan air permukaan diperoleh dari hasil perhitungan dari data curah hujan pada tahun 2010 dan 2020 dengan mengalikan nilai *run-off* bulanan dengan luasan DAS. Jumlah debit ketersediaan air di DAS Gembong tahun 2010 sebesar 49,486,288.33 m³ per tahun yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ketersediaan Air DAS Gembong Tahun 2010

Wilayah DAS	Ketersediaan Air (m ³ per tahun)		
	Permukaan	Tanah	Jumlah
Hulu	16,050,337.30	3,334,965.67	19,385,302.97
Tengah	19,587,203.22	5,037,904.48	24,625,107.70
Hilir	4,168,861.07	1,307,016.59	5,475,877.66
Jumlah	39,806,401.59	9,679,886.74	49,486,288.33

Sumber: Hasil analisis data (2020)

Sedangkan jumlah ketersediaan air tahun 2020 sebesar 48,125,459.42 m³ per tahun yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ketersediaan Air DAS Gembong Tahun 2010

Wilayah DAS	Ketersediaan Air (m ³ per tahun)		
	Permukaan	Tanah	Jumlah
Hulu	12,040,602.24	3,334,965.67	15,375,567.91
Tengah	22,514,996.48	5,037,904.48	27,552,900.96
Hilir	3,889,973.96	1,307,016.59	5,196,990.55
Jumlah	38,445,572.68	9,679,886.74	48,125,459.42

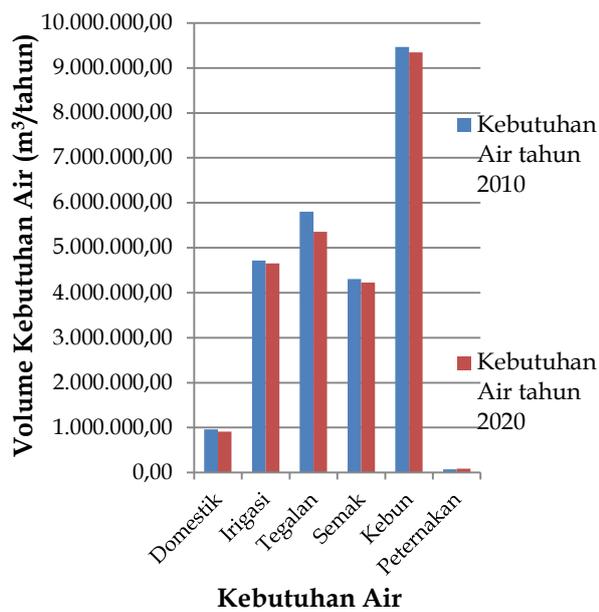
Sumber: Hasil analisis data (2020)

Jumlah ketersediaan air tersebut dihitung dari ketersediaan air permukaan dan air tanah. Ketersediaan air permukaan dipengaruhi oleh besarnya curah hujan bulanan yang akan mempengaruhi *run-off* bulanan dan dipengaruhi oleh luas wilayah sehingga dapat diperoleh nilai debit air permukaan.

Debit air tanah di DAS Gembong diperoleh berdasarkan Peta Cekungan Air tanah Karanganyar-Boyolali, yang menunjukkan bahwa debit air tanah di DAS Gembong sebesar ±9,679,886.74 m³ per tahun.

Kebutuhan Air

Kebutuhan air pada penelitian ini dihitung berdasarkan kebutuhan air domestik, kebutuhan air irigasi (Muta'ali, dkk., 2012), kebutuhan air berdasarkan penggunaan lahan (Dumairy, 1992 *dalam* Setyawan, 2017) dan kebutuhan air untuk peternakan (Muta'ali, dkk., 2012). Namun dalam penelitian ini kebutuhan air untuk industri tidak ikut diperhitungkan karena di daerah penelitian tidak terdapat industri. Kebutuhan air di DAS Gembong tahun 2010 dan 2020 terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kebutuhan air di DAS Gembong (Sumber: Hasil analisis, 2020)

Pada gambar 2 dapat diketahui bahwa kebutuhan air di DAS Gembong pada tahun 2010 mencapai $\pm 25,322,734.79 \text{ m}^3$ per tahun dan pada tahun 2020 mencapai $\pm 24,575,030.01 \text{ m}^3$ per tahun. Pada tahun 2010 di DAS Gembong kebutuhan air terbesar terdapat di wilayah tengah DAS Gembong dengan kebutuhan air mencapai $\pm 13,248,450.22 \text{ m}^3$ per tahun. Sedangkan pada tahun 2020 kebutuhan air terbesarnya adalah $\pm 13,052,186.55 \text{ m}^3$ per tahun yang berada di wilayah tengah DAS Gembong.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh, jumlah kebutuhan air tahun 2020 yang harusnya semakin bertambah justru berkurang karena dipengaruhi oleh penggunaan lahan dan jumlah penduduk. Jumlah penduduk di DAS Gembong pada tahun 2020 mengalami penurunan jika dibandingkan dengan tahun 2010. Hal ini menyebabkan kebutuhan air domestik yang utamanya dihitung berdasarkan data jumlah penduduk juga akan semakin menurun. Sementara itu, bila semakin bertambahnya lahan permukiman maka akan menyebabkan menurunnya nilai kebutuhan air. Hal ini disebabkan karena lahan permukiman tidak termasuk dalam perhitungan kebutuhan air.

Daya Dukung Sumber Daya Air

Pada penelitian ini daya dukung sumber daya air ditentukan dengan cara membandingkan antara nilai ketersediaan air dan kebutuhan air. Secara keseluruhan hasil perhitungan antara jumlah ketersediaan dan kebutuhan air di DAS Gembong menunjukkan bahwa daya dukung sumber daya airnya dalam keadaan surplus. Hal ini berarti jumlah ketersediaan air di DAS Gembong lebih besar dari kebutuhan airnya, yang terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Daya Dukung Sumber Daya Air di DAS Gembong

Keterangan	Tahun	
	2010	2020
PSA	49,486,288.33	48,125,459.41
KA	25,322,734.79	24,575,030.01
DDA	24,163,553.54	23,550,429.40
Status DDA	Surplus	Suplus

Keterangan:

PSA = Potensi sumber daya air (m^3)

KA = Kebutuhan air (m^3)

DDA = Daya dukung sumber daya air (m^3)

Berdasarkan kondisi daya dukung sumber daya air di DAS Gembong, menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai daya dukung sumberdaya airnya maka semakin terjamin kondisi ketersediaan sumber daya airnya. Hal ini disebabkan karena tingkat curah hujan di DAS Gembong cukup tinggi yang dikarenakan letaknya yang berada di wilayah pegunungan sehingga memiliki nilai ketersediaan air yang cukup besar jika dibandingkan dengan kebutuhan airnya.

Hasil perhitungan daya dukung sumber daya air menunjukkan nilai surplus pada tahun 2010 dan 2020. Hal ini juga berarti di DAS Gembong mampu mencukupi kebutuhan airnya, namun keberadaan sumber daya air tersebut masih harus dijaga kualitas dan kuantitasnya agar tidak terjadi defisit air dan agar sumber daya air masih dapat digunakan dan dimanfaatkan dalam jangka waktu yang lama (Clark, 1992 dalam Pramesty, 2013).

Perubahan Daya Dukung Sumber Daya Air

Merujuk pada perhitungan daya dukung sumber daya air pada tahun 2010 dan tahun 2020 di DAS Gembong daya dukungnya dalam keadaan surplus, sehingga dalam hal ini DAS Gembong mampu memenuhi kebutuhan air yang ada. Perbandingan daya dukung sumberdaya air di DAS Gembong tahun 2010 dan 2020 terdapat pada Tabel 6. Perubahan daya dukung sumber daya air akan semakin baik apabila jumlah rasio nilai ketersediaan dan kebutuhan air pada tahun berikutnya lebih dari sama dengan tahun sebelumnya.

Tabel 6. Perbandingan Daya Dukung Sumber Daya Air DAS Gembong

Desa/ Kelurahan	DDA(m ³)	
	2010	2020
Matesih	1,675,973.71	992,857.11
Koripan	3,008,328.58	2,092,227.18
Karang Bangun	5,570,747.73	3,526,263.21
Tunggulrejo	4,069,067.67	5,229,177.72
Beruk	228,139.87	291,759.57
Wukirsawit	2,935,179.30	3,604,016.85
Kalisoro	385,517.32	490,529.07
Blumbang	921,824.84	1,322,772.65
Nglebak	2,836,928.48	3,562,458.55
Bandardawung	1,325,264.26	1,180,591.83
Karanglo	420,868.08	382,543.05
Sepanjang	773,948.72	865,127.18
Tawangmangu	11,764.98	10,105.43

Sumber: Hasil analisis (2020)

Jika dilihat dari perhitungan pada tabel 6 menunjukkan bahwa nilai daya dukung sumber daya air di DAS Gembong mengalami penurunan walaupun masih mampu untuk mencukupi kebutuhan airnya. Hal ini karena jumlah ketersediaan air pada tahun 2020 mengalami penyusutan jika dibandingkan dengan tahun 2010 yang dikarenakan oleh curah hujan tahun 2010 lebih besar dari tahun 2020. Selain faktor yang berpengaruh terhadap jumlah ketersediaan air juga karena faktor yang berpengaruh terhadap jumlah kebutuhan air di DAS Gembong. Jumlah kebutuhan air di DAS Gembong tahun 2020 relatif berkurang jika dibandingkan dengan tahun 2010.

Hasil perhitungan pada penelitian dan pembahasan tersebut menghasilkan kesimpulan yaitu:

1. Jumlah ketersediaan air di DAS Gembong pada tahun 2010 sebesar 49,486,288.33 m³ per tahun dengan jumlah kebutuhan airnya mencapai 25,332,734.79 m³ per tahun, sehingga persediaan air yang ada mampu mencukupi kebutuhannya dengan kelebihan air mencapai 24,163,553.54 m³ per tahun.
2. Jumlah ketersediaan air di DAS Gembong pada tahun 2020 sebesar 48,125,459.41 m³ per tahun dengan jumlah kebutuhan airnya mencapai 24,575,030.01 m³ per tahun, sehingga persediaan air yang ada mampu mencukupi kebutuhannya dengan kelebihan air mencapai 23,550,429.40 m³ per tahun.
3. Secara keseluruhan perubahan daya dukung sumberdaya air di DAS Gembong pada tahun 2010 dan 2020 mengalami penurunan yang cukup tinggi sebesar 1,360,828.92 m³ walaupun daya dukung sumber daya air tahun 2020 dalam keadaan surplus.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 56. dalam Ariyani, D. (2015). *Hidrologi*. Universitas Pancasila.
- Babel, M. S., Gupta, A. D., & Nayak, D. K. (2005). A model for optimal allocation of water to competing demands. *Water Resources Management*, 19(6), 693-712.
- Cheng, G. (2002). Evolution of the concept of carrying capacity and the analysis framework of water resources carrying capacity in northwest of China. *J. Glaciol. Geocryol*, 24, 361-367.
- Clark, J. R. (1992). Intragated management Of Coastal Zones. *FAO Fisheries Technical Paper*, 327, 167. dalam Pramesty, A. R. (2013). Perhitungan daya dukung lingkungan berdasarkan ketersediaan air dan produktivitas lahan di Kecamatan Tujuh Belas Kabupaten

- Bengkayang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1-10.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2010). *Standar Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan Bagian Irigasi KP-01*. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Direktorat Irigasi dan Rawa.
- Dumairy. (1992). *Ekonomika sumber daya air: pengantar ke hidrodinamika*. BPFE Yogyakarta.
- Dalam Setyawan, A. (2017). *Analisis daya dukung sumber daya air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Telomoyo Kabupaten Kebumen Tahun 2016* [skripsi, Universitas Sebelas Maret]. Digital Library.
- Global Footprint Network. (2010). *The Ecological Wealth of Nations: Earth's Biocapacity as A New Framework for International Cooperation*. Global Footprint Network California-United States of America. Diakses dari https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological_Wealth_of_Nations.pdf.
- Hariyanto, A., & Iskandar, H. (2011). Kajian identifikasi dan permasalahan sumber daya air studi kasus Kabupaten Belitung. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 11(2), 1-13.
- Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M., Chapagain, A.K., Mathews, R.E., & Richter, B.D. (2012). Global monthly water scarcity: blue water footprints versus blue water availability. *PLoS ONE*, 7(2), e32688.
- Indarto. (2012). *Hidrologi, Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Bumi Aksara.
- Indriatmoko, R. H., & Rahardjo, N. (2015). Kajian pendahuluan sistem pemanfaatan air hujan. *Jurnal Air Indonesia*, 8(1), 105-114.
- Kusumawardhani, N. P. (2020). Analysis of water carrying capacity for regional planning development in Malang Regency. *Journal of Architecture and Urbanism Research*, 3(2), 166-174.
- Mock, F. J. (1973). *Land capability appraisal Indonesia*. Food and Agriculture Organization.
- Mokoginta, F. C., & Manganka, I. R. (2015). Peningkatan sistem penyediaan air bersih di Kelurahan Pinaras. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 322-330.
- Muta'ali, L., Kinasih, S. S. K., & Sumini. (2012). *Daya dukung lingkungan untuk perencanaan pengembangan wilayah*. Badan Penerbit Fakultas Geografi (BPFGe) Universitas Gadjah Mada.
- Pratikyo, P. (2016, 3-4 November). Proyeksi ketersediaan dan kebutuhan air industri di Kabupaten Tangerang. *Seminar Nasional Kebumihan XI-FTM UPN Veteran Yogyakarta*, 352-363.
- Ren, C., Dong, Y., Xue, P., & Xu, W. (2019). Analysis of water supply and demand based on logistic model. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 300(2), 022013. Doi: [10.1088/1755-1315/300/2/022013](https://doi.org/10.1088/1755-1315/300/2/022013).
- Ren, C., Guo, P., Li, M., Li, R. (2015). An innovative method for water resources carrying capacity research—Metabolic theory of regional water resources. *Journal of Environmental Management*, 167, 139-146. Doi: [10.1016/j.jenvman.2015.11.033](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.033).
- Samekto, C., & Winata E. S. (2010, 16 Juni). Potensi sumber daya air di Indonesia. *Seminar Nasional: Aplikasi Teknologi Penyediaan Air Bersih untuk Kabupaten/Kota di Indonesia*, PTL-BPPT. Diakses dari <https://www.researchgate.net/publication/265151944>.
- Sari, I. K., Limantara, L. M., & Priyantoro, D. (2011). Analisa ketersediaan dan kebutuhan air pada DAS Sampean. *Jurnal Teknik Pengairan*, 2(1), 29-41.
- Soemarto, C. D. (1987). *Hidrologi Teknik* (edisi satu). Usaha Nasional.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi terapan*. Beta Offset. dalam Zulkipli, W. S., & Hari P. (2012). Analisa neraca air permukaan DAS Renggung untuk memenuhi kebutuhan air irigasi dan domestik penduduk Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Teknik Pengairan*, 3(2), 87-96.