

PENDUGAAN ALIRAN DASAR (BASEFLOW) DI DAERAH TANGKAPAN AIR WADUK GAJAH MUNGKUR DI HULU DAS BENGAWAN SOLO, JAWA TENGAH.

(Estimating baseflow for a catchment area of Gajah Mungkur Reservoir in the upstream of Bengawan Solo watershed, Central Java)

Prasetyo Nugroho¹, Hatma Suryatmojo², Giska Parwa Manikasari³, Hafsa Nur Afisena⁴

¹Program Studi Sarjana Terapan Pengelolaan Hutan, Departemen Teknologi Hayati dan Veteriner, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

²Laboratorium Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

³Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta

⁴Diploma III Pengelolaan Hutan, Departemen Teknologi Hayati dan Veteriner, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Diterima: 22 Maret 2021, Direvisi : 5 Agustus 2021, Disetujui : 10 Agustus 2021

ABSTRACT

The upstream area of watersheds has a strategic role in controlling the water cycle, including controlling direct runoff to increase base flow and guide the fluctuation of river discharge. The objective of this study is to determine the base flow of Gajah Mungkur catchment area, which is located in the upper stream of the Bengawan Solo watershed, after 18 years of rehabilitation. To understand the base flow, river discharge measurements for 4 months were carried out at the River Discharge Observation Station (SPAS) which are equipped with automatic rainfall and water level recorders. Data analysis includes vegetation analysis, river discharge analysis, hydrograph analysis, and baseflow index (BFI) analysis. The total rain during the study was 45.8 mm and the average air temperature was 22.45° C. The pine forest density varied from low to high, with tree densities ranging from 569 - 919 trees/hectare. Results show that the BFI value in April-August 2017 is 44.63%. The increase of trees age in the Gajah Mungkur catchment area followed by changes in stand structure is considered to increase the ability of buffering capacity and regulating the area's water cycle.

Keywords: *base flow, pine forest, upstream, forest rehabilitation.*

ABSTRAK

Kawasan hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki peran strategis dalam pengendalian daur air, diantaranya adalah perannya dalam mengendalikan aliran permukaan untuk

meningkatkan aliran dasar (*baseflow*) dan menjaga fluktuasi aliran sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya aliran dasar setelah 18 tahun direhabilitasi dengan studi kasus di DTA Gajah Mungkur yang terletak di hulu DAS Bengawan Solo. Pengukuran debit aliran selama 4 bulan dilakukan di Stasiun Pengamatan Aliran Sungai (SPAS) yang dilengkapi dengan alat perekam hujan dan debit aliran otomatis. Analisis data yang dilakukan meliputi analisis vegetasi, analisis debit aliran sungai, analisis hidrograf aliran dan analisis *Baseflow Index*. Total hujan selama penelitian yaitu 45,8 mm dengan suhu udara rata-rata 22,45°C. Kondisi kerapatan tegakan bervariasi dari kerapatan rendah sampai dengan tinggi, dengan kerapatan pohon berkisar antara 569 - 919 pohon/ ha. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai BFI pada bulan April-Agustus 2017 yaitu 44,63%. Pertambahan umur tegakan di DTA Gajah Mungkur sampai pada umur 18 tahun diikuti dengan perubahan struktur tegakan sehingga diduga berdampak pada meningkatnya kemampuan penyangga dan pengaturan daur air kawasan.

Kata kunci: aliran dasar; hutan pinus; hulu daerah aliran sungai; rehabilitasi hutan

I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo membentang sepanjang 527 km di 19 kabupaten di Jawa Tengah dan Jawa Timur. DAS Bengawan Solo, terutama di bagian hulu, dikategorikan sebagai DAS kritis dan termasuk dalam prioritas pertama di antara 15 daerah aliran sungai yang akan direhabilitasi di Indonesia. Tren meningkatnya volume curah hujan tahunan pada tahun 1990 - 2016 (Auliyani & Wahyuningrum, 2020) dan tingginya tingkat ketidaksesuaian penggunaan lahan di Hulu DAS Bengawan Solo berpotensi berdampak pada fluktuasi debit aliran sungai (Mechram, Mawardi, & Sudira, 2012; Sudarsono, Sukmono, & Santoso, 2018). Kawasan hulu DAS dipercaya memiliki peran strategis dalam pengendalian daur air pada lanskap yang kompleks. Kawasan hulu berkontribusi penting dalam pengisian air tanah (Irawan, Puradimaja, Notosiswoyo, & Soemintadiredja, 2009; Zheng, Wang, Sprenger, Liu, & Cao, 2019), pengendalian

aliran permukaan sebagai pemicu banjir (Nugroho, Marsono, Sudira, & Suryatmojo, 2013), dan mengendalikan fluktuasi debit aliran sungai (Brognia *et al.*, 2017; Marhaento, Booi, & Hoekstra, 2018; Suryatmojo, 2015). Debit aliran air sungai secara umum berasal dari dua komponen besar, yaitu aliran permukaan (*direct runoff*) dan aliran dasar (*baseflow*). Curah hujan yang tidak dapat terserap dan tidak masuk ke dalam tanah akan membentuk aliran permukaan (*direct runoff*), sedangkan sisanya akan menjadi aliran dasar. Aliran dasar didefinisikan sebagai bagian aliran sungai yang berasal dari air tanah atau sumber lain yang tertunda. Aliran dasar relatif stabil dan lambat, serta berhubungan erat dengan karakteristik DAS (i.e., iklim dan geologi) (Brognia *et al.*, 2017; Ellison *et al.*, 2017; Bosch, Arnold, Allen, Lim, & Park, 2017). Meskipun demikian, variabilitas Aliran dasar berhubungan erat dengan perubahan siklus hidrologi di DAS (Brognia *et al.*, 2017; Cadol, Kampf, & Wohl, 2012;

Bosch, Arnold, Allen, Lim, & Park, 2017). Hal tersebut dapat disebabkan karena *aliran dasar* merupakan sumber air yang penting bagi sungai, terutama pada saat tidak terjadi hujan/musim kemarau (Brojna *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2019a; Zhang *et al.*, 2019b). Oleh karena itu, peran strategis kawasan hulu berhubungan erat dengan seberapa besar kontribusi *aliran dasar* dalam mengendalikan aliran permukaan dan menjaga fluktuasi aliran sungai.

Pemahaman tentang *aliran dasar* dan kontribusinya terhadap fluktuasi debit aliran sungai telah menjadi isu penting dalam pengelolaan DAS. Penelitian terdahulu mengindikasikan bahwa *aliran dasar* tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi akuifer alami (Irawan, Puradimaja, Notosiswoyo, & Soemintadiredja, 2009; Ivkovic, 2009) tetapi juga aktivitas antropogenik (Marhaento, Booi, Hoekstra, 2018; Nugroho, Marsono, Sudira, & Suryatmojo, 2013; Suryatmojo, Masamitsu, Kosugi, & Mizuyama, 2013). Secara lebih spesifik, peneliti juga menekankan bahwa besarnya *aliran dasar* dan aliran sungai sangat dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan hutan (Marhaento *et al.*, 2018; Nugroho *et al.*, 2013; Suryatmojo, 2015) serta implementasi teknik konservasi tanah dan air di DAS (Zhang *et al.*, 2019b). Meskipun penelitian terdahulu mampu memberikan gambaran tentang peran penutupan lahan terhadap debit aliran, tetapi belum cukup memberikan gambaran dinamika *aliran dasar* pada skala mikro, yaitu pada daerah tangkapan air (DTA). Penghitungan *aliran dasar* sebagai dampak dari rehabilitasi

hutan masih belum banyak dilakukan di hulu DAS Bengawan Solo.

DTA Gajah Mungkur dengan luas 53 Ha merupakan sebuah lokasi penelitian lapangan kerjasama antara Perum Perhutani dan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada yang telah dilakukan sejak tahun 2003 dengan tujuan untuk mengukur dampak rehabilitasi terhadap hasil air dan erosi. DTA Gajah Mungkur yang bermuara di Waduk Gajah Mungkur dan berada tepat di atas waduk menunjukkan peran pentingnya sebagai pengatur kondisi hidrologis kawasan. Aktivitas penebangan telah dilakukan pada tahun 1999 dan diikuti dengan penanaman kembali dengan pola agroforestri menggunakan jenis tanaman campuran yang didominasi *Pinus merkusii*. Dengan demikian, pada tahun 2017 tegakan hasil rehabilitasi hutan di DTA Gajah Mungkur telah berumur 18 tahun. Monitoring dan evaluasi peran perubahan penutupan lahan di DTA Gajah Mungkur terhadap pengendalian kondisi hidrologis kawasan membutuhkan banyak kajian dan pengukuran secara berkala. Penelitian di berbagai negara mengindikasikan bahwa meningkatnya umur tegakan berdampak pada perubahan kondisi penutupan lahan, struktur tajuk, dan perbaikan sifat fisik tanah, yang pada akhirnya berdampak pada kondisi hidrologis kawasan (Cadol, Kampf, & Wohl, 2012; Kundu, Khare, & Mondal, 2017; Suryatmojo, 2015; Suryatmojo, Masamitsu, Kosugi, & Mizuyama, 2013). Vegetasi dinilai memiliki peran signifikan dalam meresapkan air ke dalam tanah (Cao, Liang, Wang, & Lu, 2015; Liang, Kosugi, & Mizuyama, 2009). Secara lebih spesifik,

meningkatnya umur tegakan hutan berdampak pada membaiknya respon hidrologis *catchment area* terhadap hujan, yaitu mampu menurunkan koefisien aliran puncak dan koefisien *runoff* (Suryatmojo, 2015). Meskipun demikian, investigasi tentang kondisi tutupan lahan setelah 18 tahun direhabilitasi dan pengukuran besarnya *aliran dasar* di DTA Gajah Mungkur belum pernah dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya aliran dasar DTA Gajah Mungkur dengan tegakan yang berumur 18 tahun. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang kondisi hidrologis DTA setelah 18 tahun rehabilitasi hutan dilakukan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perumusan kebijakan pengelolaan DAS.

II. BAHAN DAN METODE

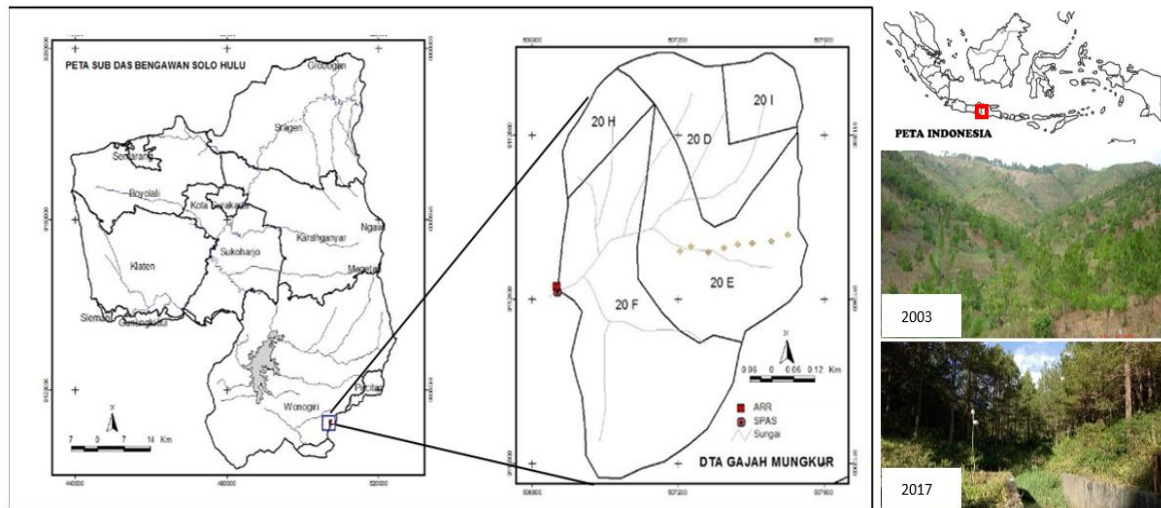
A. Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan selama empat bulan dari April – Agustus 2017 di Daerah Tangkapan Air (DTA) Gajah Mungkur, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Secara administratif, DTA Gajah Mungkur, terletak di Desa Ngambarsari, Kecamatan Karang Tengah, Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah. Adapun secara

administrasi pengelolaan hutan termasuk dalam wilayah pengelolaan Perum Perhutani wilayah RPH Jati, BKPH Baturetno, KPH Surakarta. DTA Gajah Mungkur dengan luas wilayah 53 Ha merupakan hulu dari Sungai Glenggong yang airnya masuk kedalam Waduk Gajah Mungkur. Pada awal penanaman di tahun 1999, wilayah ini ditanami dengan tanaman pokok *Pinus merkusii* dan dicampur dengan jenis Puspa (*Schima walichii*), Kopi (*Coffea robusta* dan *Coffea Arabica*), Lada (*Piper nigrum Linn*) dan tanaman pertanian lahan kering. Karakteristik morfometri DTA Gajah Mungkur disajikan pada Tabel (Table) 1.

B. Bahan dan Alat

Perubahan tinggi muka air di Sub DAS Gajah Mungkur diukur dengan menggunakan *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* tipe *HOBO U20 Water Level Data Logger - U20-001-02* yang dipasang pada bangunan SPAS dengan tipe *Triangular Profile Flat V-Weir*. AWLR melakukan perekaman tinggi muka air secara kontinyu pada interval waktu 10 menit. Data tebal hujan dan suhu udara diperoleh dari Hobo *HOBO Data Logging Rain Gauge - RG3 tipe tipping*.

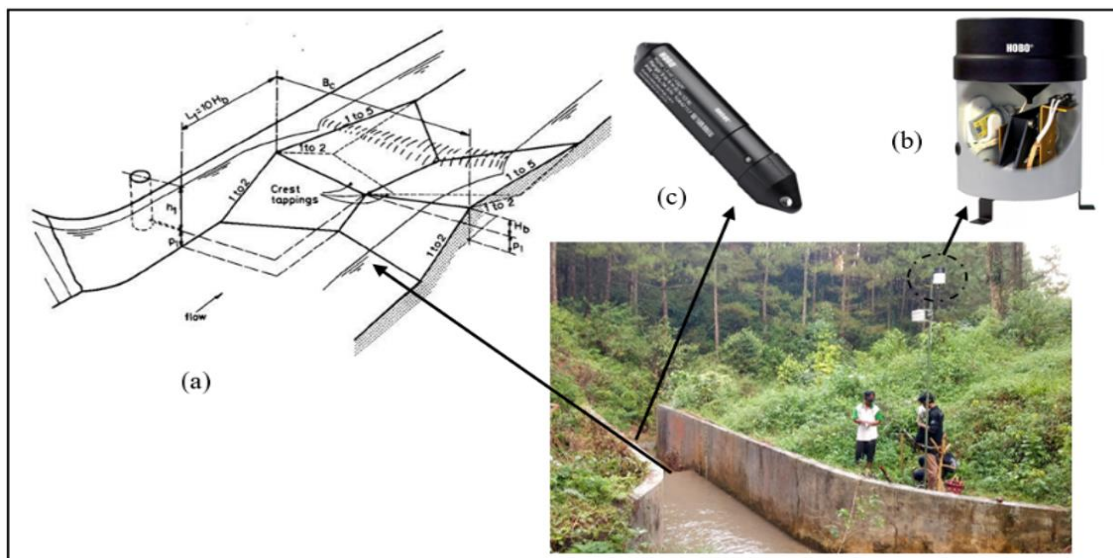


Gambar (Figure) 1. Lokasi Penelitian (Research site)
 Sumber (Source): Analisis data (Data Analysis), 2017

Tabel (Table) 1. Morfometri DTA Gajah Mungkur (Morphometry of Gajah Mungkur catchment area)

No	Morfometri DTA (Catchment's morphometry)	Nilai (Value)
1	Luas DAS (A) km ²	0,53
2	Panjang Sungai Utama (L) km	0,90
3	Nisbah Sirkularitas (Rc)	0,71
4	Landaian Permukaan DAS (Sb)	0,37
5	Kerapatan Aliran (Dd)	3,72

Sumber (Source): Analisis data (Data Analysis), 2017



Gambar (Figure) 2. Stasiun Pengamatan Aliran Sungai: (a) Triangular Flat V-weir; (b) Automatic Rainfall Recorder (ARR) ; (c) Hobo Automatic Water Level Recorder. (River Discharge Monitoring Station: (a) Triangular Flat V-weir; (b) Automatic Rainfall Recorder (ARR); (c) Hobo Automatic Water Level Recorder)

Sumber (Source): Observasi lapangan (Field observation), 2017

C. Metode Penelitian dan Analisis Data

Debit aliran adalah volume air dalam satuan waktu dinyatakan dalam satuan m^3/dt , atau dengan kata lain debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Curah hujan yang jatuh pada kawasan akan diproses dan menghasilkan aliran sungai (*runoff*) yang ditunjukkan melalui hidrograf aliran sungai. Lebih lanjut, hutan dianggap memiliki peran yang baik dalam pengaturan tata air (Brogha *et al.*, 2017; Ellison *et al.*, 2017; Liang *et al.*, 2009). Sehubungan dengan hal tersebut, data yang diambil dalam penelitian ini adalah karakteristik hujan, karakteristik vegetasi, dan hidrograf aliran sungai.

1. Karakteristik Hujan

Pengukuran karakteristik hujan dilakukan dengan melakukan pemasangan alat pengukur hujan otomatis tipe *HOBO Data Logging Rain Gauge - RG3-M* di DTA Gajah Mungkur. Perekaman kejadian hujan dilakukan secara otomatis dan terekam di dalam media penyimpanan. Data yang terekam selama penelitian kemudian *download* dan dipisahkan per kejadian hujan. Data tersebut selanjutnya

digunakan untuk menentukan tebal dan lama waktu hujan.

2. Karakteristik Tegakan

Data karakteristik vegetasi berupa struktur tegakan diambil secara *purposive sampling* berdasarkan kerapatan tajuk. Pengukuran data vegetasi dilakukan pada kelas kerapatan tajuk tinggi, sedang dan rendah. Secara total, masing masing 4 kali pengulangan petak ukur pada tiga kelas kerapatan tajuk diambil. Data kondisi vegetasi didapatkan dengan membuat petak ukur ukuran 20 x 20 m pada kelas kerapatan tinggi, sedang dan rendah. Data vegetasi yang diukur dirinci dalam Tabel (Table) 2. Data pada Tabel (Table) 2 selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan divisualisasikan dengan menggunakan *software Spatially Explicit Individual-based Forest Simulation (SEI-FS)* (Harja & Vincent, 2008).

3. Pengukuran Debit Aliran

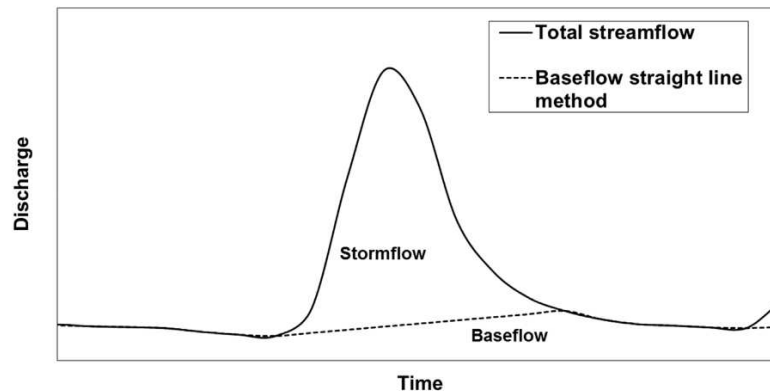
Metode yang digunakan dalam pengukuran debit aliran adalah metode lengkung debit atau *discharge rating curve*. *Discharge rating curve* merupakan persamaan garis yang menghubungkan tinggi muka air sungai (m) dan besarnya debit air, sehingga debit dapat diduga melalui tinggi muka air sungai (Liang *et al.*, 2009; Marhaento *et al.*, 2018; Nugroho *et al.*, 2013; Suryatmojo, 2015).

Tabel (Table) 2. Tally sheet pengukuran karakteristik tegakan (*Tally sheet for forest profiles data*)

No. (number)	Jenis (Species)	X (coordinate)	Y (coordinate)	Tinggi Pohon (Height)	Tinggi batang bebas cabang (Bole height)	Panjang tajuk (Crown length)	Tabel tajuk (Crown depth)	Sketsa (Sketch)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1								
2								

Dst.

Sumber (Source): Analisis data (Data Analysis), 2017



Gambar (Figure) 3. Pemisahan aliran dengan metode *Straight Line Method* (Flow separation using the *Straight Line Method*)

Sumber (Source): Bosch, Arnold, Allen, Lim, & Park, (2017)

Persamaan lengkung aliran DTA Gajah Mungkur sebagai berikut:

$$Q = 5,250(H)^{1,941} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan

Q = Debit aliran (m³/detik)

H = Tinggi muka air (m)

Hidrograf aliran (*discharge hydrograph*) diturunkan dari hidrograf tinggi muka air yang dihasilkan dari rekaman alat *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) pada stasiun pengukur aliran sungai (SPAS). Hidrograf aliran diturunkan dari hidrograf tinggi muka air dengan menggunakan "*Stage discharge Rating Curve*" yang dibuat khusus untuk SPAS yang bersangkutan. Pemisahan aliran langsung (*direct runoff*) dengan aliran dasar dilakukan dengan menggunakan metode *straight line method*. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

- 1) Memilih hidrograf aliran dan pasangan hujannya yang berasal dari hujan tunggal
- 2) Memisahkan aliran langsung dengan aliran dasar dengan cara menarik garis lurus dari awal/mulai kenaikan muka

air sampai pada titik perubahan lengkung resesi. Adapun penentuan titik deplesi dilakukan dengan grafik resesi menggunakan *semilog*.

Menghitung jumlah (tebal) aliran langsung (*direct runoff*) dengan cara membagi volume aliran langsung dengan luas DTA Gajah Mungkur

Menghitung Q_{BF} (m³/s) dengan membuat persamaan rata-rata dari selisih debit aliran (Q) awal (debit air pada waktu aliran mulai naik) dengan debit aliran akhir (debit air pada waktu aliran setelah konstan):

$$Q_{BF} = \frac{Q_2 - Q_1}{n} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Q_{BF} = debit aliran air tanah (m³/s)

Q₁ = debit air pada saat aliran mulai naik (m³/detik)

Q₂ = debit air pada saat aliran konstan (m³/detik)

n = jumlah data debit dari aliran mulai naik hingga konstan

Debit *Direct Runoff* (Q_{DRO}) merupakan Q Aliran dikurangi Q_{BF}:

$$Q_{DRO} = Q_{Aliran} - Q_{BF} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- Q_{DRO} = Debit *Direct Runoff* (DRO) (m³/detik)
- Q Aliran = Debit aliran (m³/detik)
- Q_{BF} = Debit aliran air tanah (m³/detik)

Baseflow indeks merupakan rasio antara volume *baseflow* dibandingkan dengan total debit aliran. Perhitungan *baseflow* indeks menggunakan persamaan sebagai berikut;

$$BFI = \frac{\text{Volume Aliran dasar}}{\text{Total Volume Aliran}} \dots\dots\dots (4)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik hujan

Hujan merupakan salah satu input utama dalam proses hidrologis di suatu kawasan (Auliyani & Wahyuningrum, 2020), diproses oleh daerah tangkapan air dan masuk ke badan sungai dan menyebabkan sifat aliran yang berbeda-beda. Hasil analisis karakteristik hujan yang direkam pada bulan Mei hingga Agustus 2017 menunjukkan bahwa total hujan selama penelitian yaitu 45,8 mm dengan suhu udara rata-rata 22,45°C. Meskipun pada bulan Mei-Agustus secara umum termasuk dalam musim kemarau, namun demikian masih terdapat sedikit curah hujan yang menunjukkan masih adanya transisi musim hujan ke musim kemarau.

B. Karakteristik Vegetasi

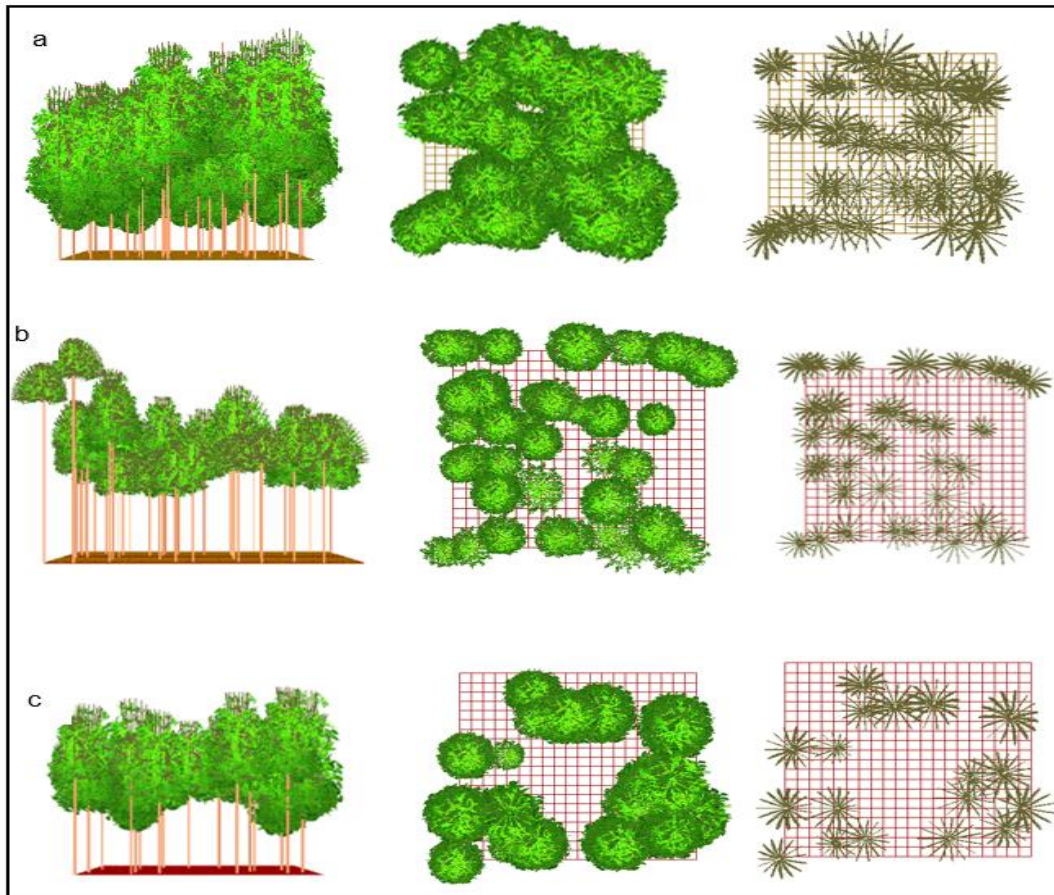
Pertambahan umur tegakan berpotensi berdampak pada perubahan struktur dan komposisi tegakan. Berbagai penelitian tedahulu telah menunjukkan bahwa tutupan lahan berupa hutan memiliki peran dalam pengendalian daur air (Liang *et al.*, 2009; Marhaento *et al.*, 2018; Suryatmojo, 2015; Xie *et al.*, 2020). Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi kelas kerapatan tajuk maka semakin banyak jumlah individu yang ada di dalamnya. Kelas kerapatan tajuk tinggi memiliki jumlah pohon terbanyak dengan jumlah individu rata-rata 919 pohon/ ha, sedang yaitu 644 pohon/ ha dan rendah yaitu 569 pohon/ha. Tinggi pohon pada masing masing kelas kerapatan berkisar antara 16,68-19,77m dengan diameter rata-rata (dbh) yaitu 22,45-23,54 cm (Afisena, 2017).

DTA Gajah Mungkur didominasi oleh tanaman seumur dan sejenis, sehingga strata tajuk dalam kawasan relatif seragam. Gambar (*Figure*) 4 menunjukkan struktur tajuk di lokasi penelitian.

Tabel (*Table*) 3. Karakteristik tegakan di DTA Gajah Mungkur (*Forest profile of Gajah Mungkur catchment area*)

No. (Number)	Kelas Kerapatan (Density class)	Kerapatan (pohon/ha) (Density, trees. ha ⁻¹)	Rata-rata tinggi (m) (Mean of Height)	Rata-rata dbh (cm) (Mean of diameter breast height/dbh)	Rata-rata TBBC (m) (Mean of Bole height)
1	Rendah	569	16,68	22,45	8,51
2	Sedang	644	19,33	24,90	7,52
3	Tinggi	919	19,77	23,54	7,85

dbh= diameter setinggi dada, TBBC= tinggi batang bebas cabang
 Sumber (Source): Afisena, 2017



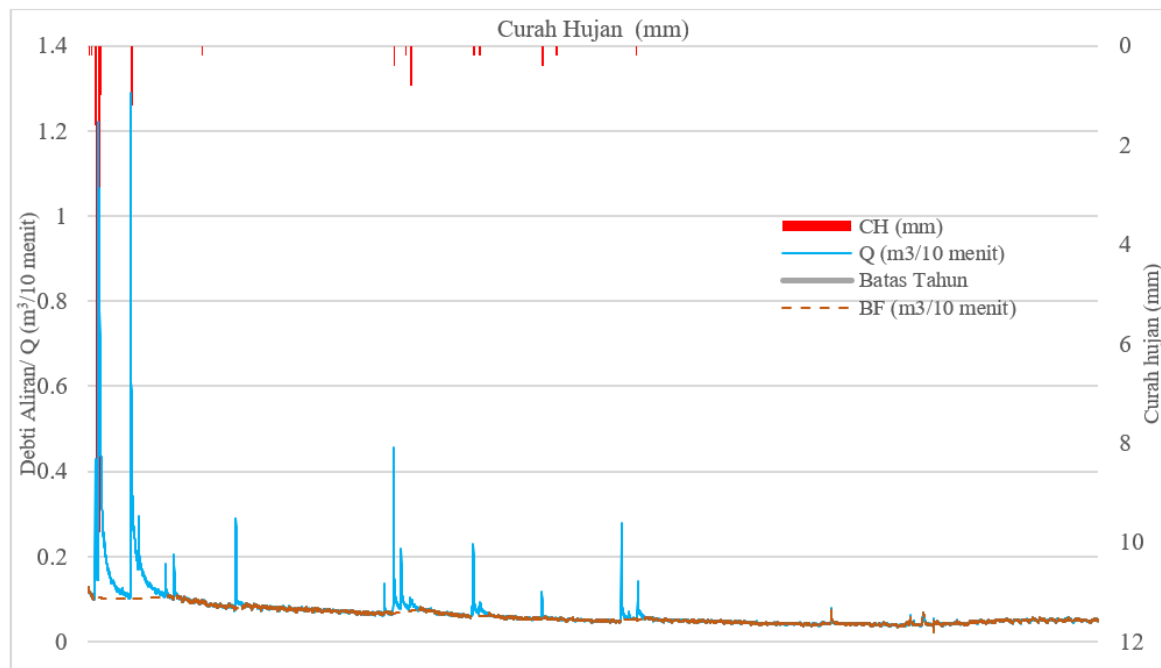
Gambar (Figure) 4. Proyeksi SEI-FS pada Masing-masing Kelas Kerapatan Tajuk (a) Kelas Kerapatan Tinggi; (b) Kelas Kerapatan Sedang; (c) Kelas Kerapatan Rendah (Projection of SEI-FS in different forest densities (a) high density, (b) medium density, (c) low density)

Sumber (Source): Afisena, 2017

C. Hidrograf Aliran dan Baseflow Indeks

Berbagai penelitian mengenai dampak perubahan penutupan lahan terhadap perubahan neraca air kawasan telah dilakukan dan menunjukkan bahwa perubahan penutupan lahan berdampak pada penurunan maupun perbaikan neraca air (Kundu, Khare, & Mondal, 2017; Marhaento *et al.*, 2018; Nugroho *et al.*, 2013; Suryatmojo, 2015). Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa total volume aliran selama penelitian yaitu 681.332 m³, volume *baseflow* 304.59,05 m³ dan aliran langsung 377.273,11 m³. Perbaikan kondisi tegakan setelah 18 tahun direhabilitasi diduga memiliki peran

yang tinggi dalam perbaikan debit aliran sungai. Meningkatnya umur tegakan diantaranya akan berdampak pada perubahan kondisi penutupan lahan, struktur tajuk, tumbuhan bawah, seresah, kondisi perakaran dan penggunaan air oleh tanaman (Bruijnzeel, 2004; Ilek, Kucza, & Szostek, 2017; Suryatmojo, 2014; Zotz, Tyree, Patino, & carlton, 1998). Selain itu, hutan memiliki peran yang sangat baik dalam memasukkan air kedalam tanah melalui proses *stemflow* untuk menjaga kelembaban tanah dan simpanan air tanah (Liang *et al.*, 2009) serta memberikan kontrol penting pada jumlah curah hujan yang dipartisi menjadi



Gambar (Figure) 5. Hidrograf Aliran Sungai DTA Gajah Mungkur (*Hydrograph of Gajah Mungkur catchment area*)

Sumber (Source): Analisis data (*Data Analysis*), 2017

limpasan langsung dan *baseflow* (Creutzfeldt, Heinrich, & Merz, 2015; Yanto, Livneh, Rajagopalan, & Kasprzyk, 2017). Secara lebih rinci, Liang *et al.*, (2009) mendemonstrasikan bagaimana pohon memiliki peran penting sebagai "corong air" untuk memasukkan air ke dalam tanah. Meningkatnya aliran air yang masuk dalam tanah melalui re-vegetasi dan upaya konservasi tanah dan air lainnya berperan penting dalam peningkatan *baseflow* (Zhang *et al.*, 2019b).

Baseflow berasal dari air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah dan tersimpan didalam tanah dan keluar secara perlahan menuju sungai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total *baseflow* terhadap total volume aliran sungai selama penelitian yaitu 44,63% selama bulan Mei – Agustus 2017. Penelitian di berbagai tipe hutan yang telah dilakukan (Bosch, Arnold, Allen, Lim, & Park, 2017;

Rumsey, Miller, Susong, Tillman, & Anning, 2015) menunjukkan besarnya peran *baseflow* dalam menjaga persistensi aliran sungai, terutama pada musim kemarau.

IV. KESIMPULAN

Baseflow memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga persistensi aliran sungai. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *baseflow* indeks (BFI) pada bulan April-Agustus 2017 yaitu 44,63%. Lebih lanjut, penelitian dengan melibatkan data yang komprehensif dengan menggunakan permodelan hidrologi perlu dilakukan untuk dapat memprediksi lebih detail komponen yang berkontribusi dalam aliran sungai di DTA Gajah Mungkur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Perum Perhutani RPH Jati, BKPH Baturetno, KPH Surakarta atas ijin pelaksanaan penelitian. Penelitian ini

dapat terlaksana berkat dukungan hibah Dana Masyarakat Sekolah Vokasi UGM dengan nomor kontrak 113/UN1.SV/K/2017.

KONTRIBUSI

PN berkontribusi pada desain penelitian, pengambilan data lapangan, analisis data, dan penulisan manuskrip. Sedangkan, HS dan GPM berkontribusi dalam desain penelitian dan analisis data. HNA bertugas dalam pengambilan data lapangan dan menganalisis data vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

Harja, D., & Vincent, G. (2008). *SEXI-FS: Spatially Explicit Individual-based Forest Simulator - User Guide and Software*. World Agroforestry Centre (ICRAF) and Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Retrieved from <https://www.worldagroforestry.org/output/sexi-fs-spatially-explicit-individual-based-forest-simulator>

Afisena, Hafsa Nur. (2017). Komposisi Jenis Tumbuhan Bawah Tegakan Pinus (*Pinus merkusii* Jungh. Et de Vriese) di Daerah Tankapan Air (DTA) Gajah Mungkur, Kabupaten Wonogiri. Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Diploma III Pengelolaan Hutan, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.

Auliyani, D., & Wahyuningrum, N. (2020). Pola Hujan di Bagian Hulu Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo dalam Perencanaan Pemanfaatan Sumberdaya Air. *Jurnal Penelitian*

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, 4(1), 53–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jppdas.2020.4.1.53-62>

Bosch, D. D., Arnold, J. G., Allen, P. G., Lim, K. J., & Park, Y. S. (2017). Temporal variations in baseflow for the Little River experimental watershed in South Georgia, USA. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 10, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.02.002>

Brogna, D., Vincke, C., Brostaux, Y., Soyeurt, H., Dufrêne, M., & Dendoncker, N. (2017). How does forest cover impact water flows and ecosystem services? Insights from “real-life” catchments in Wallonia (Belgium). *Ecological Indicators*, 72, 675–685. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.011>

Bruijnzeel, L. A. (2004). Hydrological functions of tropical forests: Not seeing the soil for the trees? In *Agriculture, Ecosystems and Environment* (Vol. 104). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.015>

Cadol, D., Kampf, S., & Wohl, E. (2012). Effects of evapotranspiration on baseflow in a tropical headwater catchment. *Journal of Hydrology*, 462–463, 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.060>

Cao, L., Liang, Y., Wang, Y., & Lu, H. (2015). Runoff and soil loss from *Pinus massoniana* forest in southern China after simulated rainfall.

- Catena*, 129, 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.009>
- Creutzfeldt, B., Heinrich, I., & Merz, B. (2015). Total water storage dynamics derived from tree-ring records and terrestrial gravity observations. *Journal of Hydrology*, 529(P2), 640–649.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.006>
- Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., ... Sullivan, C. A. (2017). Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 43, 51–61.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>
- Ilek, A., Kucza, J., & Szostek, M. (2017). The effect of the bulk density and the decomposition index of organic matter on the water storage capacity of the surface layers of forest soils. *Geoderma*, 285, 27–34.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.09.025>
- Irawan, D. E., Puradimaja, D. J., Notosiswoyo, S., & Soemintadiredja, P. (2009). Hydrogeochemistry of volcanic hydrogeology based on cluster analysis of Mount Ciremai, West Java, Indonesia. *Journal of Hydrology*, 376(1–2), 221–234.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.07.033>
- Ivkovic, K. M. (2009). A top-down approach to characterise aquifer-river interaction processes. *Journal of Hydrology*, 365(3–4), 145–155.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.11.021>
- Kundu, S., Khare, D., & Mondal, A. (2017). Past, present and future land use changes and their impact on water balance. *Journal of Environmental Management*, 197, 582–596.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.018>
- Liang, W. L., Kosugi, K., & Mizuyama, T. (2009). A three-dimensional model of the effect of stemflow on soil water dynamics around a tree on a hillslope. *Journal of Hydrology*, 366(1–4), 62–75.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.009>
- Marhaento, H., Booij, M. J., & Hoekstra, A. Y. (2018). Hydrological response to future land-use change and climate change in a tropical catchment. *Hydrological Sciences Journal*, 63(9), 1368–1385.
<https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1511054>
- Mechram, S., Mawardi, M., & Sudira, P. (2012). *Aplikasi Model Avswat2000 Untuk Prediksi Limpasan Permukaan, Erosi, Dan Sedimentasi Di Sub Das Keduang: Das Bengawan Solo Hulu*. 32(3), 325–330.
- Nugroho, P., Marsono, D., Sudira, P., & Suryatmojo, H. (2013). Impact of Land-use Changes on Water Balance. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 256–262.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.036>
- Rumsey, C. A., Miller, M. P., Susong, D. D., Tillman, F. D., & Anning, D. W. (2015). Regional scale estimates of baseflow

- and factors influencing baseflow in the Upper Colorado River Basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4(PB), 91–107. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.04.008>
- Sudarsono, B., Sukmono, A., & Santoso, A. A. (2018). Analysis of Vegetation Density Effect In Bengawan Solo Watershed To The Total Suspended Solid (TSS) In Gajah Mungkur Reservoir. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 165, 12033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/165/1/012033>
- Suryatmojo, H. (2014). Recovery of Forest Soil Disturbance in the Intensive Forest Management System. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 832–840. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.101>
- Suryatmojo, H. (2015). Rainfall-runoff Investigation of Pine Forest Plantation in the Upstream Area of Gajah Mungkur Reservoir. *Procedia Environmental Sciences*, 28(Sustain 2014), 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.039>
- Suryatmojo, H., Masamitsu, F., Kosugi, K., & Mizuyama, T. (2013). Effects of Selective Logging Methods on Runoff Characteristics in Paired Small Headwater Catchment. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.032>
- Xie, C., Cai, S., Yu, B., Yan, L., Liang, A., & Che, S. (2020). The effects of tree root density on water infiltration in urban soil based on a Ground Penetrating Radar in Shanghai, China. *Urban Forestry and Urban Greening*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126648>
- Yanto, Livneh, B., Rajagopalan, B., & Kasprzyk, J. (2017). Hydrological model application under data scarcity for multiple watersheds, Java Island, Indonesia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 9, 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2016.09.007>
- Zhang, Jingling, Zhou, L., Ma, R., Jia, Y., Yang, F., Zhou, H., & Cao, X. (2019). Influence of soil moisture content and soil and water conservation measures on time to runoff initiation under different rainfall intensities. *Catena*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104172>
- Zhang, Junlong, Song, J., Cheng, L., Zheng, H., Wang, Y., Huai, B., ... Li, Q. (2019). Baseflow estimation for catchments in the Loess Plateau, China. *Journal of Environmental Management*, 233, 264–270. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.040>
- Zheng, W., Wang, S., Sprenger, M., Liu, B., & Cao, J. (2019). Response of soil water movement and groundwater recharge to extreme precipitation in a headwater catchment in the North China Plain. *Journal of Hydrology*, 576, 466–477. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.06.071>

Zotz, G., Tyree, M. T., Patino, S., & carlton, M. R. (1998). Hydraulic architecture and water use of selected species from a lower montane forest in

Panama. *Trees*, 12. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s004680050155>