

**POLA HUJAN DI BAGIAN HULU DAERAH ALIRAN SUNGAI BENGAWAN SOLO
DALAM PERENCANAAN PEMANFAATAN SUMBER DAYA AIR**

*(Rainfall pattern for water resources utilization planning in the upperstream of
Bengawan Solo Watershed)*

Diah Auliyani¹ dan Nining Wahyuningrum¹

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS

Jl A Yani. Pabelan, Kartasura. PO.BOX 295 Surakarta/ 57102. Telp (0271)716709, 716959

Email: d_auliyani@yahoo.com

Diterima: 27 November 2019; Direvisi : 12 Februari 2020; Disetujui : 17 Maret 2020

ABSTRACT

Information about rainfall fluctuations is essential especially for local people who are still depend on natural resources. This study aims to analyze rainfall pattern in the upper stream of Bengawan Solo Watershed. This information can be used as a basis for water resources utilization planning. We analyze the rainfall data from 14 rain gauge stations descriptively to determine rainfall fluctuations and seasonal shifts. Annual rainfall in the upper stream of Bengawan Solo Watershed varies between 1,433.5 mm to 3,231.2 mm with an average of 2,224.6 mm. The beginning of the rainy or dry seasons did not change, however, the duration of the rainy season increased from 7 months (October-April) in 1990-1998 and 1999-2007 to 8 months (October-May) in 2008-2016. About 90% of rainfall was concentrated in the rainy season. Rainwater harvesting should be done to reduce runoff in the rainy season as well as efforts to provide water resources in the dry season.

Keywords: Rainfall; Seasonal shift; Water resources; Bengawan Solo

ABSTRAK

Informasi mengenai fluktuasi hujan sangat penting terutama bagi masyarakat lokal yang masih bergantung pada sumberdaya alam. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pola hujan di bagian hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pemanfaatan sumberdaya air. Data curah hujan tahun 1990-2016 dari 14 stasiun penakar hujan dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui fluktuasi hujan dan pergeseran musim. Curah hujan tahunan di hulu DAS Bengawan Solo bervariasi antara 1.433,5 mm hingga 3.231,2 mm dengan rerata mencapai 2.224,6 mm. Tidak terjadi perubahan awal musim hujan maupun musim kemarau, namun demikian durasi musim hujan mengalami peningkatan dari 7 bulan (Oktober-April) pada periode 1990-1998 dan 1999-2007, bertambah menjadi 8 bulan (Oktober-Mei) pada periode 2008-2016. Sebesar 90% curah hujan terkonsentrasi pada musim hujan. Pemanenan air hujan dapat dilakukan untuk mengurangi runoff di musim hujan sekaligus sebagai upaya penyediaan sumberdaya air di musim kemarau.

Kata kunci: Curah hujan; Pergeseran musim; Sumberdaya air; Bengawan Solo

I. PENDAHULUAN

Hujan memiliki dua sisi yang saling bertolak belakang dalam hal bencana hidrometeorologis. Dalam jumlah berlimpah, hujan mampu menjadi agen bagi bencana banjir, erosi, serta longsor, sebaliknya, pengurangan jumlahnya secara terus menerus akan mengakibatkan bencana kekeringan. Penelitian sebelumnya menyebutkan pengaruh perubahan iklim terhadap variabilitas hujan yang pada akhirnya menjadi pemicu terjadinya berbagai bencana alam (Arnaud *et al.*, 2002; Narulita *et al.*, 2010; Olanrewaju *et al.*, 2017). Masyarakat yang kehidupan sehari-harinya masih bergantung pada sumberdaya alam menjadi sangat rentan terhadap perubahan curah hujan tersebut (Adger *et al.*, 2003; Boissière *et al.*, 2013; Lintner *et al.*, 2012). Oleh sebab itu, hujan menjadi salah satu variabel iklim yang penting untuk dipelajari.

Indonesia rentan terhadap perubahan pola curah hujan (Nuryanto, 2013). Sebagai pulau terpadat di Indonesia, Pulau Jawa memiliki kerentanan yang tinggi terhadap perubahan curah hujan. Pada 2015, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat bahwa Jawa menjadi pulau yang paling sering terpapar banjir dengan kerugian fisik mencapai Rp. 65,4 Trilyun dan kekeringan dengan kerugian mencapai Rp. 56,5 Trilyun (Amri *et al.*, 2016). Mengingat tingginya kepadatan penduduk di Pulau Jawa, kerugian yang dapat muncul karena bencana alam akibat fluktuasi hujan akan menjadi semakin besar. Oleh karena itu, fluktuasi dan tren perubahan curah hujan menjadi semakin penting untuk dipelajari lebih lanjut.

Dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), hujan berperan penting sebagai input bagi sistem hidrologi. Setiap DAS memiliki respon yang berbeda terhadap hujan dengan jumlah dan intensitas tertentu. Bengawan Solo merupakan DAS terbesar di Pulau Jawa. Wilayahnya membentang dari Provinsi Jawa Tengah hingga Jawa Timur, dengan luas wilayah 20.125 km² atau sekitar 12% dari luas keseluruhan Pulau Jawa (Kementerian PUPR, 2010). Pada musim kemarau, wilayah DAS ini sering mengalami kekeringan, sedangkan pada musim hujan terjadi bencana banjir. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa Kabupaten Wonogiri menjadi salah satu area yang paling sering mengalami kekeringan (Pramono & Savitri, 2019). Sebagian besar Kota Solo pernah dilanda banjir besar pada tahun 1966 (Kementerian PUPR, 2010). Berdasarkan hal tersebut, tren fluktuasi hujan di DAS ini perlu dipelajari lebih lanjut untuk rencana mitigasi dan adaptasi terhadap bencana yang berpotensi terjadi, maupun perencanaan pemanfaatan air hujan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pola hujan di bagian hulu DAS Bengawan Solo. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pemanfaatan sumberdaya air. Seperti disampaikan oleh Adi (2009), bagian hulu suatu DAS memiliki fungsi utama sebagai daerah resapan. Diharapkan dengan perencanaan pemanfaatan sumberdaya air yang tepat akan membantu mengontrol dampak buruk dari fluktuasi hujan.

II. BAHAN DAN METODE

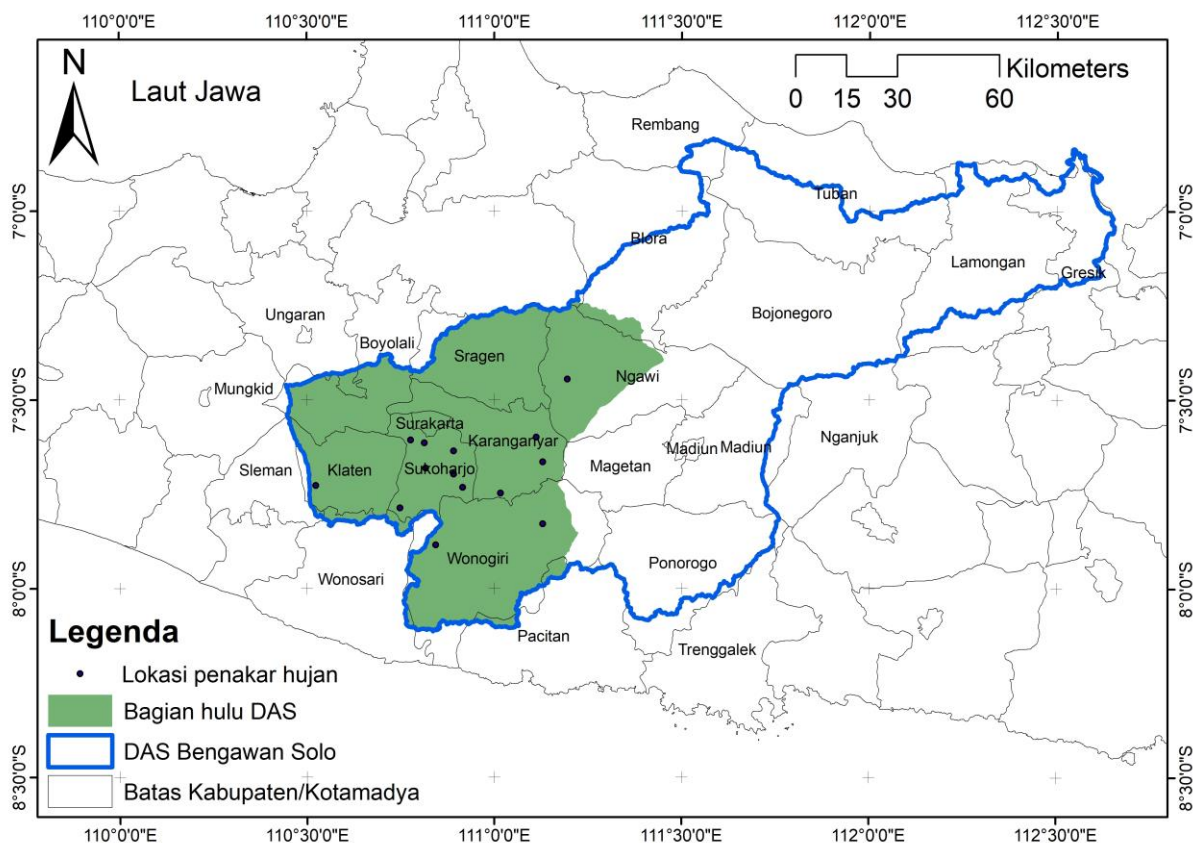
A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di bagian hulu DAS Bengawan Solo. Secara geografis, bagian hulu DAS Bengawan Solo membentang antara $110^{\circ}26'27''$ – $111^{\circ}27'21''$ BT dan $7^{\circ}14'17''$ – $8^{\circ}6'41''$ LS (Gambar 1). Secara administratif, lokasi penelitian terletak di beberapa Kabupaten/kotamadya, yaitu: Klaten, Sukoharjo, Boyolali, Surakarta, Wonogiri, Karanganyar, Sragen, dan Ngawi. Sebagian besar lokasi penelitian dimanfaatkan sebagai kawasan pertanian, berupa tegalan (38%) dan sawah (33%) (Wahyuningrum & Basuki, 2019). Lebih lanjut disebutkan juga

penutupan lahan lainnya, yaitu permukiman (13%), hutan produksi (10%), permukiman perkotaan (2%), perkebunan (1%), dan tubuh air (1%) (Wahyuningrum & Basuki, 2019).

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah data curah hujan harian tahun 1990-2016 yang diperoleh dari 14 stasiun penakar hujan. Lokasi penakar hujan ditunjukkan pada Gambar 1. Curah hujan diukur secara manual menggunakan ombrometer. Penakaran jumlah curah hujan harian dilakukan setiap pagi pukul 07.00 WIB. Data tersebut selanjutnya dikalkulasi menjadi data hujan bulanan. Untuk



Gambar (Figure) 1. Letak penakar hujan di bagian hulu DAS Bengawan Solo (Rainfall station position in the upperstream of Bengawan Solo Watershed)

Sumber (Source) : Analisis data (Data analysis), 2019

mendapatkan besarnya hujan wilayah hulu DAS Bengawan Solo dilakukan dengan menggunakan metode *Polygon Thiessen*. Curah hujan di hulu DAS Bengawan Solo dihitung menggunakan Persamaan 1, dimana R adalah curah hujan (mm), sedangkan Rn adalah curah hujan dari stasiun penakar (mm), dan An adalah luas daerah yang diwakili oleh stasiun penakar (km²).

$$R = \frac{(A1 \times R1) + (A2 \times R2) + \dots + (An \times Rn)}{A1 + A2 + \dots + An} \dots\dots\dots(1)$$

C. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini disajikan analisis deskriptif terhadap fluktuasi curah hujan bulanan maupun tahunan. Pergeseran musim dianalisis secara statistik maupun deskriptif. Untuk mengetahui pergeseran musimnya, data curah hujan bulanan terlebih dahulu dibagi menjadi 3 periode, yaitu 1990-1998, 1999-2007, dan 2008-2016.

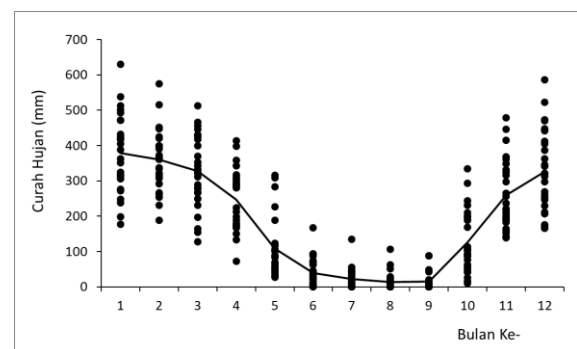
Dalam analisis statistik pergeseran musim, data hujan dibagi menjadi 2 (dua), yaitu musim hujan (Oktober-Maret) dan musim kemarau (April-September). Pergeseran musim diketahui menggunakan *Paired Sample T Test*. Uji ini digunakan untuk mengukur perubahan curah hujan dalam dua periode yang berbeda. Dikatakan telah terjadi pergeseran musim jika nilai signifikansinya kurang dari 0,05.

Secara deskriptif, pergeseran musim diketahui dengan mengelompokkan curah hujan bulanan berdasarkan klasifikasi Schmidt dan Fergusson. Menurut klasifikasi

Schmidt dan Ferguson, bulan basah memiliki curah hujan lebih dari 100 mm, sedangkan curah hujan kurang dari 60 mm dikategorikan sebagai bulan kering. Curah hujan diantara keduanya merupakan bulan lembab atau pancaroba (Hermawan, 2010).

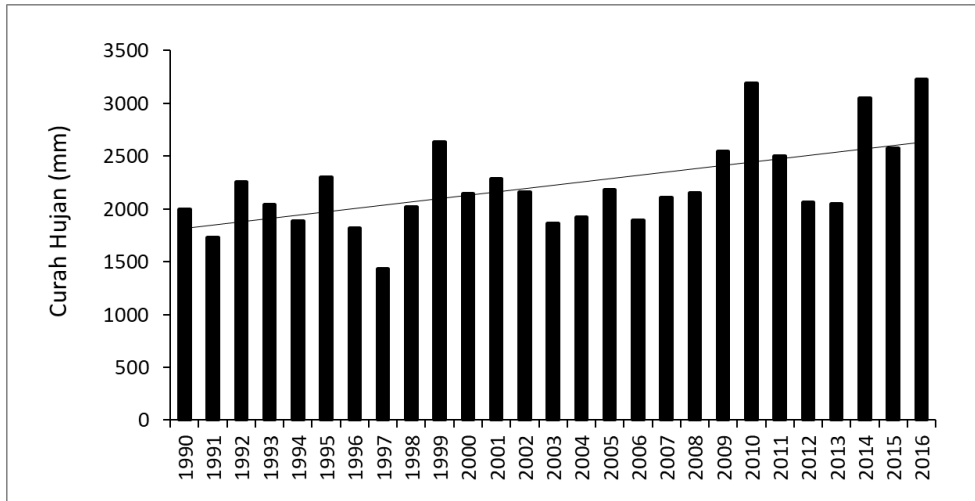
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo bagian hulu memiliki tipe curah hujan monsoonal. Tipe hujan ini memiliki satu puncak musim kemarau dan satu puncak musim hujan dengan perbedaan yang jelas antara kedua musim tersebut (Mamenun *et al.*, 2014). Gambar 2 menunjukkan distribusi curah hujan bulanan di hulu DAS Bengawan Solo selama 1990-2016. Rerata curah hujan pada musim hujan mampu mencapai lebih dari 300 mm. Vernimmen *et al.* (2012) menjelaskan bahwa bulan paling kering di Indonesia terjadi antara Juni-Oktober. Mengacu pada Gambar 2,



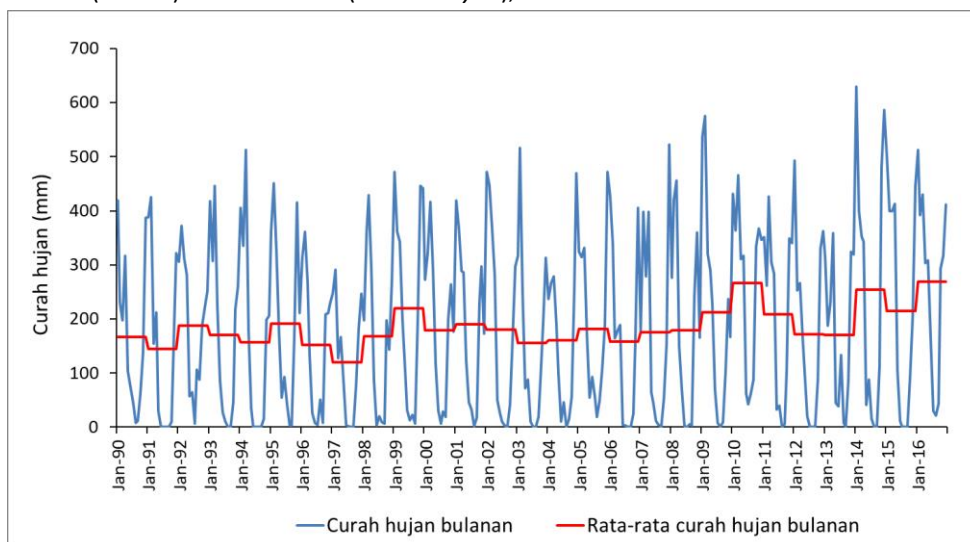
Gambar (Figure) 2. Fluktuasi curah hujan bulanan di DAS Bengawan Solo bagian hulu (*Monthly rainfall fluctuation in the upperstream of Bengawan Solo*)

Sumber (Source): Analisis data (*Data analysis*), 2019



Gambar (Figure) 3. Curah hujan tahunan di DAS Bengawan Solo bagian hulu (*Annual rainfall in the upperstream of Bengawan Solo Watershed*)

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2019



Gambar (Figure) 4. Curah hujan bulanan di DAS Bengawan Solo bagian hulu (*Monthly rainfall (in blue) and average monthly rainfall (in red) in the upperstream of Bengawan Solo Watershed*)

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2019

terlihat tidak terjadi hujan (nilai = 0) terutama antara Juni- September, sedangkan curah hujan tertinggi (lebih dari 600 mm) terjadi pada Januari 2014. Hal ini senada dengan penelitian sebelumnya bahwa puncak musim hujan pada tipe curah hujan monsoonal berlangsung antara Desember hingga Februari (Aldrian & Djamil, 2008; Aldrian & Susanto, 2003).

A. Fluktuasi curah hujan

Curah hujan tahunan di hulu DAS Bengawan Solo bervariasi antara 1.433,5 mm hingga 3.231,2 mm dengan rerata tahunan mencapai 2.224,6 mm. Dalam rentang waktu pengamatan, curah hujan tahunan terlihat mengalami kenaikan (Gambar 3), begitu juga curah hujan bulannya (Gambar 4). Peningkatan seperti ini telah terjadi secara global

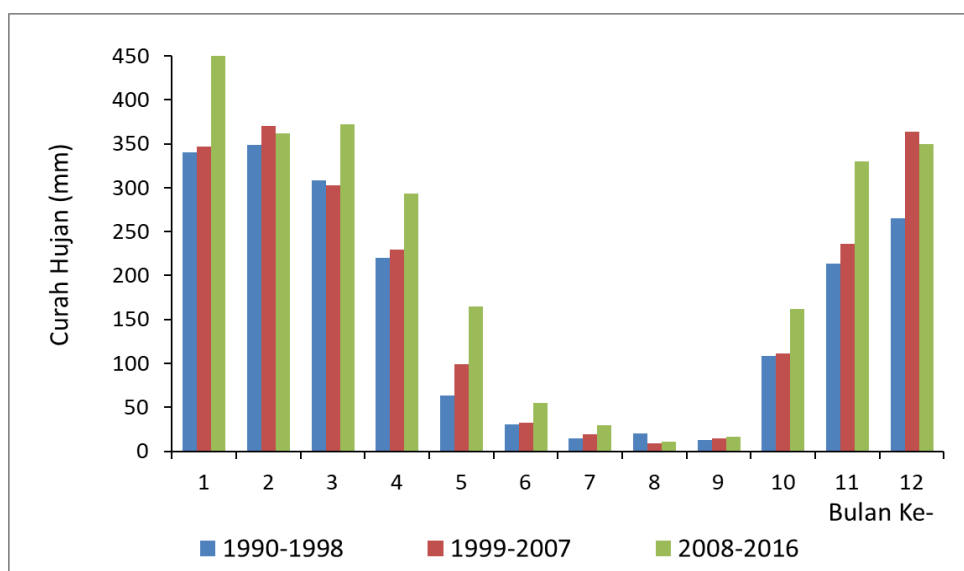
seiring terjadinya perubahan iklim (Alam et al., 2011). Meningkatnya curah hujan ini akan diikuti dengan peningkatan jumlah tanah yang tererosi. Tanpa teknik konservasi tanah dan air secara terpadu pada lahan pertanian, erosi tersebut dapat mengakibatkan penurunan produktivitas lahan pertanian yang berdampak pada kesejahteraan masyarakat lokal terutama petani (Nugroho, 2000).

B. Pergeseran Musim

Distribusi temporal curah hujan pada tiga periode menunjukkan bahwa lebih dari 90% curah hujan tahunannya terjadi pada musim hujan (Gambar 5). Hal ini berarti bahwa terdapat perbedaan yang sangat mencolok antara musim hujan dan kemarau di hulu DAS Bengawan Solo. Melimpahnya ketersediaan sumberdaya air pada musim hujan ini dapat dikelola untuk memenuhi kebutuhan sumberdaya air pada musim kemarau. Salah satu langkah yang bisa dilakukan adalah memperbanyak jumlah air hujan yang meresap ke dalam tanah dari pada yang mengalir menjadi

runoff. Wahyuningrum (2016) menyatakan bahwa pengendalian runoff dapat dilakukan dengan memperbanyak luas hutan. Bagi hulu DAS Bengawan Solo yang sebagian besar merupakan kawasan pertanian, upaya pengurangan runoff dapat dilakukan dengan penerapan teknik konservasi tanah dan air secara terpadu.

Curah hujan berfluktuasi secara terus menerus yang dapat menyebabkan terjadinya pergeseran musim. Setiawan (2012) menjelaskan bahwa pergeseran awal musim hujan maupun kemarau dapat diakibatkan oleh adanya perubahan fluktuasi curah hujan bulanan. Hasil uji statistik menunjukkan tidak terjadi pergeseran musim hujan maupun kemarau antara periode 1 (1990-1998) dan 2 (1999-2007) di bagian hulu DAS Bengawan Solo. Tabel 1 menjelaskan bahwa pergeseran musim hanya terjadi antara periode 2 (1999-2007) dan 3 (2008-2016), yang ditunjukkan dengan nilai signifikansi (2-tailed) sebesar 0,011 (< 0,05).



Gambar (Figure) 5. Distribusi temporal curah hujan dalam tiga periode yang berbeda (Rainfall temporal distribution in three different periods)

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2019

Tabel (Table) 1. Hasil Paired Sample T Test (Result of the Paired Sample T Test)

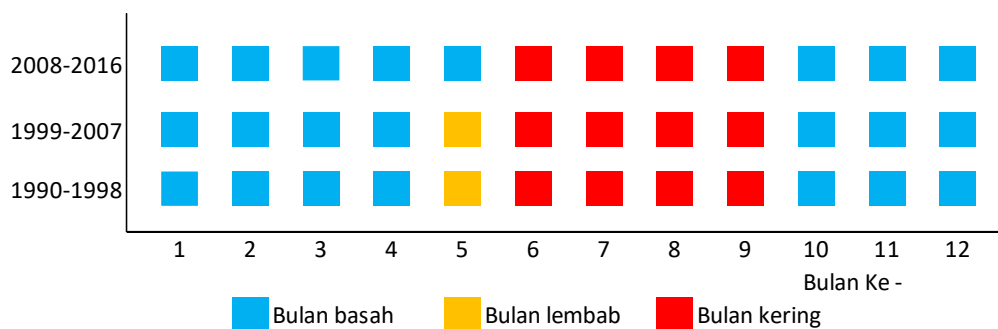
		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Musim_Hujan_1 - Musim_Hujan_2	-24,41216	128,42327	17,47619	-59,46496	10,64065	-1,397	53	0,168
Pair 2	Musim_Hujan_2 - Musim_Hujan_3	-49,28347	137,38146	18,69525	-86,78139	-11,78555	-2,636	53	0,011
Pair 3	Musim_Kemarau_1 - Musim_Kemarau_2	-7,14879	47,17939	6,42030	-20,02629	5,72870	-1,113	53	0,271
Pair 4	Musim_Kemarau_2 - Musim_Kemarau_3	-27,71278	76,96264	10,47329	-48,71954	-6,70602	-2,646	53	0,011

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2019

Secara deskriptif, tidak terlihat adanya pergeseran awal musim hujan maupun kemarau. Bulan Mei yang pada dua periode pertama merupakan masa peralihan (pancaroba, curah hujan antara 60 – 100 mm), namun pada 2008-2016, curah hujannya meningkat menjadi 164,5 mm sehingga dapat dikategorikan sebagai bulan basah. Gambar 6 memperlihatkan adanya penambahan durasi musim hujan tersebut. Musim hujan yang semula berlangsung selama 7 bulan (Oktober - April) pada dua periode pertama bertambah menjadi 8 bulan (Oktober-Mei) pada periode terakhir.

Musim kemarau yang ditandai dengan curah hujan kurang dari 60 mm berlangsung selama 4 bulan, yaitu Juni - September. Berdasarkan data curah hujan harian, pada bulan tersebut beberapa kali

tidak terjadi hujan. Disebutkan bahwa rendahnya curah hujan yang terjadi selama 3 bulan berturut-turut mengakibatkan berkurangnya kelembaban tanah, sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Okpara *et al.*, 2017; Spinoni *et al.*, 2014). Teknik konservasi air dapat menjadi alternatif penyediaan sumberdaya air pada musim kemarau. Distribusi temporal curah hujan yang terkonsentrasi pada musim hujan akan mempertinggi runoff yang berpotensi menyebabkan banjir baik di hulu maupun hilir DAS Bengawan Solo. Pemanenan Air Hujan (PAH) merupakan salah satu teknik dalam konservasi air. Selain mampu mengurangi runoff pada musim hujan, kegiatan PAH juga mampu mendukung pengelolaan lahan pertanian secara berkelanjutan (Fachruddin *et al.*, 2015; Maarif, 2011; Yulistiyorini, 2011).



Gambar (Figure) 6. Pergeseran musim di DAS Bengawan Solo bagian hulu (Seasonal shift in the upperstream of Bengawan Solo Watershed)

Sumber (Source): Analisis data (Data analysis), 2019

IV. KESIMPULAN

Tren curah hujan di hulu DAS Bengawan Solo mengalami peningkatan dalam kurun 1990-2016. Dalam periode tersebut tidak terjadi pergeseran awal musim hujan maupun kemarau. Peningkatan curah hujan yang terjadi menyebabkan musim hujan berlangsung lebih lama, yaitu 7 bulan (Oktober-April) pada 1990-1998 dan 1999-2007, bertambah menjadi 8 bulan (Oktober-Mei) pada 2008-2016. Sebesar 90% curah hujan terkonsentrasi pada musim hujan. Teknik konservasi air, seperti Pemanenan Air Hujan (PAH) dapat dilakukan untuk mengurangi runoff pada musim hujan, sekaligus sebagai penyedia sumberdaya air pada musim kemarau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPPTPDAS) Surakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Adger, W. N., Huq, S., Brown, K., Conway, D., & Hulmea, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*, 3(3), 179–195. <https://doi.org/10.1191/1464993403ps060oa>
- Adi, R. N. (2009). Pembuatan peta tingkat kerawanan banjir sebagai salah satu upaya mengurangi tingkat kerugian akibat bencana banjir. *Ekspose Hasil Litbang Teknologi Pengelolaan DAS Dalam Upaya Pengendalian Banjir Dan Erosi-Sedimentasi*, 283–291.
- Alam, M. M., Toriman, M. E., Siwar, C., & Talib, B. (2011). Rainfall variation and changing pattern of agricultural cycle. *American Journal of Environmental Sciences*, 7(1), 82–89. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2011.82.89>
- Aldrian, E., & Djamil, Y. S. (2008). Spatio-temporal climatic change of rainfall in East Java. *International Journal of Climatology*, 28, 435–448. <https://doi.org/10.1002/joc.1543>
- Aldrian, E., & Susanto, R. D. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452. <https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Amri, M. R., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., Adi, A. ., Ichwana, A. ., Randongkir, R. ., & Septian, R. . (2016). *Risiko bencana Indonesia* (R. Jati & M. . Amri (eds.)). Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Arnaud, P., Bouvier, C., Cisneros, L., & Dominguez, R. (2002). Influence of rainfall spatial variability on flood prediction. *Journal of Hydrology*, 260, 216–230. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00611-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00611-4)
- Auliyani, D., & Wijaya, W. W. (2017). Perbandingan prediksi hasil sedimen menggunakan pendekatan model universal soil loss equation dengan pengukuran langsung. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Journal of Watershed Management Research)*, 1(1), 61–71. <https://doi.org/10.20886/jppdas.2017.1.1.61-71>
- Boissière, M., Locatelli, B., Sheil, D., Padmanaba, M., & Sadjudin, E. (2013). Local perceptions of climate variability and change in tropical forests of Papua, Indonesia. *Ecology*

- and Society*, 18(4).
<https://doi.org/10.5751/ES-05822-180413>
- Chang, J., Guo, A., Wang, Y., Ha, Y., Zhang, R., Xue, L., & Tu, Z. (2019). Reservoir operations to mitigate drought effects with a hedging policy triggered by the drought prevention limiting water level. *Water Resources Research*.
<https://doi.org/10.1029/2017WR022090>
- Fachrudin, Setiawan, B. I., Prastowo, & Mustafiril. (2015). Pemanenan air hujan menggunakan konsep Zero Runoff System (ZROS) dalam pengelolaan lahan pala berkelanjutan. *Jurnal Teknik Sipil*, 22(2), 127–136.
<https://doi.org/10.5614%2Fjts.2015.2.2.2.6>
- Febrianti, N., & Sulma, S. (2013). Analisis kejadian banjir di DAS Bengawan Solo. *INDERAJA*, IV(6), 38–45.
https://www.researchgate.net/publication/323800043_Analisis_kejadian_banjir_di_DAS_Bengawan_Solo
- Hermawan, E. (2010). Pengelompokan pola curah hujan yang terjadi di beberapa kawasan Pulau Sumatera berbasis hasil analisis teknik spektral. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 11(2), 75–85.
<https://doi.org/10.31172/jmg.v11i2.67>
- Kementerian PUPR. (2010). *Pola pengelolaan sumber daya air di wilayah Sungai Bengawan Solo*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
<http://sda.pu.go.id/>
- Lintner, B. R., Biasutti, M., Diffenbaugh, N. S., Lee, J. E., Niznik, M. J., & Findell, K. L. (2012). Amplification of wet and dry month occurrence over tropical land regions in response to global warming. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 117(11).
<https://doi.org/10.1029/2012JD017499>
- Maarif, S. (2011). Meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengatasi resiko bencana kekeringan. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 13(2), 65–73.
<https://doi.org/10.29122/jsti.v13i2.886>
- Mamenun, Pawitan, H., & Sophaheluwakan, A. (2014). Validasi dan koreksi data satelit TRMM pada tiga pola hujan di Indonesia (Validation and correction of TRMM satellite data on three rainfall patterns in Indonesia). *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 15(1), 13–23.
<https://doi.org/10.31172/jmg.v15i1.169>
- Mawardi, I. (2010). Kerusakan daerah aliran sungai dan penurunan daya dukung sumberdaya air di Pulau Jawa serta upaya penanganannya. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*, 5(2), 1–11.
- Narulita, I., Maria, R., & Djuwansah, R. (2010). Karakteristik curah hujan di Wilayah Pengaliran Sungai (WPS) Ciliwung Cisadane. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, 20(2), 95–110.
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2010.v20.37>
- Nugroho, S. P. (2000). Minimalisasi lahan kritis melalui pengelolaan sumberdaya lahan dan konservasi tanah dan air secara terpadu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1), 73–82.
<https://doi.org/10.29122/jtl.v1i1.165>
- Nuryanto, D. E. (2013). Karakteristik curah hujan abad 20 di Jakarta berdasarkan kejadian iklim global (20th century rainfall characteristic in Jakarta based on global climate events). *Jurnal*

- Meteorologi Dan Geofisika*, 14(3), 139–147.
<https://doi.org/10.31172/jmg.v14i3.165>
- Okpara, J. N., Afiesimama, E. A., Anuforum, A. C., Owino, A., & Ogunjobi, K. O. (2017). The applicability of standardized precipitation index: Drought characterization for early warning system and weather index insurance in West Africa. *Natural Hazards*, 89(2), 555–583.
<https://doi.org/10.1007/s11069-017-2980-6>
- Olanrewaju, R., Ekiotuatinghan, B., & Akpan, G. (2017). Analysis of rainfall pattern and flood incidences in Warri Metropolis, Nigeria. *Geography, Environment, Sustainability*, 10(4), 83–97.
<https://doi.org/10.24057/2071-9388-2017-10-4-83-97>
- Pramono, I. B., & Savitri, E. (2019). Modification method of drought vulnerability at Wonogiri District, Central Java, Indonesia. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 8(6S3), 551–555. <https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i6s3/F11080486S319.pdf>
- Setiawan, O. (2012). Analisis variabilitas curah hujan dan suhu di Bali. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 9(1), 66–79.
- Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P., & Vogt, J. (2014). World drought frequency, duration, and severity for 1951-2010. *International Journal of Climatology*, 34, 2792–2804.
<https://doi.org/10.1002/joc.3875>
- Vernimmen, R. R. E., Hooijer, A., Mamenun, Aldrian, E., & Van Dijk, A. I. J. M. (2012). Evaluation and bias correction of satellite rainfall data for drought monitoring in Indonesia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(1), 133–146.
<https://doi.org/10.5194/hess-16-133-2012>
- Wahyuningrum, N. (2016). *Pengembangan model pendugaan aliran permukaan dan sedimen pada beberapa skenario penggunaan lahan pada Sub DAS Wuryantoro*.
<http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- Wahyuningrum, N., & Basuki, T. M. (2019). Analisis kekritisn lahan untuk perencanaan rehabilitasi lahan DAS Solo bagian hulu. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 3(1), 27–44.
<https://doi.org/10.20886/jppdas.2019.3.1.27-44>
- Yulistyorini, A. (2011). Pemanfaatan air hujan sebagai alternatif pengelolaan sumberdaya air di perkotaan. *Teknologi Dan Kejuruan*, 34(1), 105–114.
<http://journal.um.ac.id/index.php/teknologi-kejuruan/article/view/3024>