



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Pengaruh Curah Hujan terhadap Ketersediaan Air pada DAS Bogowonto

Astri Rinanti^a, Liana Herlina^b, Endah Kurniyaningrum^{c*}, Mochamad Adhi Kurniawan^d, Angga Primahessa^e, Kresna Dwiki Komara^f, Mutiara Difa Faluty^g, Imas Wihdah Misshuari^h

^{a,b,v,f,g,h} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti, Jakarta, 11440, Indonesia

^d Bidang OP, BBWS Pemali Juana, Ditjen. SDA - Kementerian PUPR, Jawa Tengah, 50191, Indonesia

^e Bidang Air Tanah dan Air Baku, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air - Kementerian PUPR, Jakarta, 12110, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 19 Juli 2024

Revisi Akhir: 29 Desember 2024

Diterbitkan Online: 31 Desember 2024

KATA KUNCI

Perubahan iklim

Curah hujan

Validitas data

Ketersediaan air

DAS Bogowonto

KORESPONDENSI

Telepon: +628119988909

E-mail: kurniyaningrum@trisakti.ac.id

ABSTRACT

DAS Bogowonto merupakan salah satu DAS di Jawa Tengah. Isu pemanasan global akan berdampak pada perubahan iklim. Curah hujan merupakan salah satu parameter dari iklim.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui validitas data hujan, mengetahui adanya indikasi perubahan iklim terhadap curah hujan dan hujan wilayah serta ketersediaan air di DAS Bogowonto. Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui validitas data hujan adalah metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums). Karakteristik hujan dan perubahan distribusi hujan dianalisis dengan uji statistik, yaitu uji rata-rata dengan uji-t, uji kesamaan jenis varian sampel dan uji varian populasi dengan uji-F. Data hujan diambil dari Stasiun Sapuran, Stasiun Guntur, Stasiun Tanjung Sari dan hujan wilayah DAS Bogowonto.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa ketiga stasiun hujan adalah panggah. Rata-rata curah hujan tahunan antara periode 1 dan 2 di masing-masing stasiun hujan dan hujan wilayah menunjukkan tidak ada beda nyata. Hasil analisis statistik dengan menggunakan curah hujan total tahunan, bulan basah (DJF), bulan kering (JJA), dan bulan peralihan (MAM & SON) menunjukkan bahwa terjadi perubahan distribusi curah hujan yang cukup signifikan berdasarkan nilai rata-rata dan varian sehingga Terdapat bulan-bulan antara kebutuhan dan ketersediaan memiliki selisih yang tidak banyak yaitu Juli hingga Oktober dimana pada bulan-bulan tersebut memiliki intensitas curah hujan yang tidak stabil terjadi karena curah hujan pada bulan-bulan tersebut rendah (20-50mm) dengan karakteristik curah hujan di bawah normal (31%-50 %).

1. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh ke tanah selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi [1]. Air hujan yang jatuh di atas permukaan bisa dibagi menjadi dua, yakni curah hujan efektif dengan curah hujan rata-rata.

Perubahan pola curah hujan dapat mengevaluasi dampak perubahan iklim di suatu wilayah Daerah Aliran Sungai.

Perubahan curah hujan memiliki implikasi signifikan terhadap ketersediaan air dan pengelolaan sumber daya alam. Pada penelitian ini, analisis perubahan curah hujan historical digunakan dalam memahami dinamika hidrologi dan dampaknya terhadap ekosistem serta keberlanjutan lingkungan.

Peningkatan konsentrasi karbon dioksida dan gas rumah kaca (GRK) lainnya di atmosfer merupakan penyebab utama perubahan iklim. Perubahan ini meningkatkan suhu udara dan juga karakteristik curah hujan di seluruh dunia. Perubahan suhu udara dapat kita rasakan secara langsung

dan mudah diamati tanpa harus melalui proses analisa seperti hujan. Perubahan curah hujan sangat bervariasi dari satu tempat ke tempat lain, bahkan perubahan yang terjadi di satu lokasi pun menunjukkan pola yang berbeda-beda. Secara umum perubahan karakteristik curah hujan adalah peningkatan intensitas curah hujan dan frekuensi hujan lebat. Masyarakat mengalami perubahan ketersediaan air akibat perubahan iklim [7; 8; 9 ;10]. Namun perubahan tersebut sangat berbeda dan memerlukan pemahaman yang berbeda untuk setiap lokasi. Berbagai penelitian telah dilakukan mengenai dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan air baik di permukaan, profil tanah, maupun air tanah. Penelitian pada sebuah danau di Austria untuk menganalisis respon hidrologi danau terhadap perubahan iklim dan menemukan bahwa volume danau sangat sensitif terhadap perubahan karakteristik curah hujan [11]. Akibat peningkatan suhu tersebut, penguapan danau meningkat sangat signifikan, sehingga berdasarkan hasil simulasi periode 2035-2065 akan terjadi perubahan kapasitas danau yang sangat drastis. Sementara itu, [12] menyatakan bahwa hasil kajian sumber daya air di Pulau Kreta, Yunani, menunjukkan bahwa ketersediaan air akan berkurang 10-74% akibat perubahan iklim. Sektor pertanian tidak hanya merupakan penghasil emisi gas rumah kaca terbesar dan pendorong utama perubahan iklim, namun juga merupakan sektor yang paling rentan terhadap perubahan iklim. Produksi tanaman sangat bergantung pada kondisi cuaca dan faktor yang berhubungan dengan hubungan antara tanaman dan tanah. Ketika suhu rata-rata meningkat, laju penguapan dari tanah dan tanaman meningkat, mengurangi jumlah air tanah yang tersedia untuk pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan ketergantungan pada sistem irigasi. Namun ketersediaan air irigasi juga semakin berkurang karena tingginya permintaan dari sektor lain, seperti air minum dan kebutuhan industri akan air bersih. Belum lagi peningkatan pertumbuhan penduduk yang pada akhirnya berarti solusi penambahan jaringan irigasi belum tentu menyelesaikan permasalahan ketersediaan air. Di Indonesia dan beberapa negara lain, sumber utama air irigasi adalah air permukaan yang sangat bergantung pada curah hujan. Perubahan karakteristik curah hujan mempengaruhi secara langsung ketersediaan air, terutama ketersediaan air di sungai, waduk, dan waduk lain yang digunakan untuk irigasi. Perubahan iklim jangka panjang menyebabkan perubahan aliran sungai, perubahan sumber daya air, yang pada akhirnya mempengaruhi ketersediaan air.

DAS Bogowonto merupakan salah satu daerah aliran sungai yang berada di Provinsi Jawa Tengah, dimana pemanfaatan Sungai Bogowonto diantaranya sumber air baku dan kebutuhan irigasi. Perubahan iklim yang terjadi saat ini membuat kondisi suatu DAS mengalami perubahan baik ketahanan sumber daya air maupun lingkungannya [2]. Salah satu indikator perubahan iklim yang menjadi pengaruh ketahanan sumber daya air pada DAS

Bogowonto yakni curah hujan. Perkembangan lingkungan saat ini mempengaruhi kondisi karakteristik sebuah sungai [3] diantaranya kondisi ketersediaan air. Perubahan intensitas curah hujan yang terjadi mempengaruhi debit suatu sungai sehingga besarnya pemanfaatan air pada sungai bergantung terhadap ketersediaan air sungai tersebut.

Studi ini bertujuan untuk melakukan analisis kondisi curah hujan pada DAS Bogowonto terhadap ketersediaan air.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perubahan Iklim

Iklim adalah kondisi rata-rata cuaca pada wilayah tertentu dalam waktu yang panjang (Husairi, 2008). Iklim merupakan salah satu komponen ekosistem alam sehingga kehidupan manusia, hewan, dan tumbuh-tumbuhan tidak terlepas dari pengaruh atmosfer dengan segala prosesnya. Iklim adalah rata-rata keadaan cuaca dalam jangka waktu yang cukup lama, minimal 30 tahun, yang sifatnya tetap [4]. Perubahan iklim atau *climate change* adalah berubahnya kondisi fisik atmosfer bumi antara lain suhu dan distribusi curah hujan yang membawa dampak luas terhadap berbagai sektor kehidupan manusia. Perubahan iklim merupakan sesuatu yang sulit untuk dihindari dan dapat memberikan dampak pada berbagai segi kehidupan. Dampak ekstrem yang terjadi adalah terjadinya kenaikan temperatur dan juga bergesernya musim.

2.2. Hidrologi Sungai

Curah hujan adalah suatu fenomena alam yang menjadi salah satu indikator perubahan iklim yang kejadiannya begitu acak baik waktu, lokasi, dan besarnya, sehingga sulit diperkirakan. Curah hujan yang diperhatikan dalam analisis adalah hujan yang tercatat pada stasiun pencatat hujan yang berada dalam DAS yang ditinjau. Kualitas sebuah data sangat menentukan hasil analisis yang dilakukan diantaranya seperti kelengkapan dan panjang data yang tersedia juga mempunyai peranan yang cukup besar.

Ketebalan hujan diukur oleh alat pencatat hujan (stasiun hujan) yang dianggap mewakili hujan di suatu kawasan dengan luasan tertentu. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rerata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu.

Posisi geografis Indonesia yang berada di wilayah tropis mempunyai karakteristik unsur iklim yang spesifik yaitu monsoon. Kategori ini berhubungan dengan curah hujan [5]. Sedangkan pola curah hujan Indonesia terbagi menjadi tiga daerah utama dengan sebuah wilayah peralihan yaitu daerah monsun, daerah ekuatorial, dan daerah iklim total [6].

2.3. Karakteristik Iklim

Sistem klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson adalah salah satu dari beberapa sistem klasifikasi iklim yang digunakan oleh para ilmuwan untuk memahami dan mengkategorikan iklim di berbagai wilayah di dunia yang digunakan secara luas dalam berbagai bidang meliputi pertanian, hidrologi, dan rekayasa sipil. Pengelompokan sifat hujan berdasarkan klasifikasi iklim Schmidt-Ferguson meliputi bulan basah, bulanlembab dan bulan kering.

Tabel 1. Pengelompokan sifat hujan berdasarkan Schmidt-Ferguson

No.	Curah Hujan	Sifat Hujan
1	>100 mm	Bulan Basah (BB)
2	60-100 mm	Bulan Lembab (BL)
3	<60 mm	Bulan Kering (BK)

Tabel 2. Pengelompokan Tipe Iklim berdasarkan Schmidt-Ferguson

No.	Tipe Iklim	Kriteria
1	Sangat basah	$0 < Q < 0,143$
2	Basah	$0,143 < Q < 0,333$
3	Agak Basah	$0,333 < Q < 0,600$
4	Sedang	$0,600 < Q < 1,000$
5	Agak Kering	$1,000 < Q < 1,670$
6	Kering	$1,670 < Q < 3,000$
7	Sangat Kering	$3,000 < Q < 7,000$
8	Luar Biasa Kering	$7,000 < Q$

Klasifikasi iklim ini dibuat berdasarkan kondisi iklim di daerah tropis. Dasarnya adalah jumlah curah hujan yang jatuh setiap bulan dan tingkat kebasahan yang disebut gradien (Q). Gradien Q adalah persentase nilai perbandingan antara jumlah rata-rata bulan kering dan jumlah rata-rata bulan basah.

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada DAS Bogowonto dengan posisi pengamatan yang terletak di Desa Guntur, Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo. Letak geografis titik pengamatan terletak pada $7^{\circ}35' 54.59''$ LS dan $110^{\circ} 1'12.84''$ BT.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Uji Konsistensi Data

Uji Konsistensi dengan menggunakan metode RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums).

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y} \cdot \text{dengan } k = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n}$$

Keterangan:

- y_i = data hujan ke-i,
 S_k^{**} = hasil nilai uji RAPS,
 y = data hujan rerata-i,
 D_y = standar deviasi,
 N = jumlah data.

Uji Homogenitas Data

Data dari satu variabel hidrologi sebagai hasil pengamatan atau pengukuran dapat disebut sama jenis (homogen) apabila data tersebut diukur dari suatu resim yang tidak berubah. Perubahan resim dari fenomena hidrologi dapat terjadi karena banyak sekali sebab dan akibat diantaranya perubahan alam, perubahan iklim, bencana alam, banjir besar, hujan lebat. Perubahan terjadi dikarenakan adanya ulah manusia yang membuat perubahan pada alam, seperti pembuatan bendungan pada alur sungai, pengundulan hutan dan lain-lain.

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \left| \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right|^{1/2}}$$

Keterangan:

- t = Variabel t-terhitung
 X_1 = Rata-rata hitung sample set ke-1
 X_2 = Rata-rata hitung sample set ke-2
 N_1 = Jumlah sampel set ke – 1
 N_2 = Jumlah sampel set ke – 2

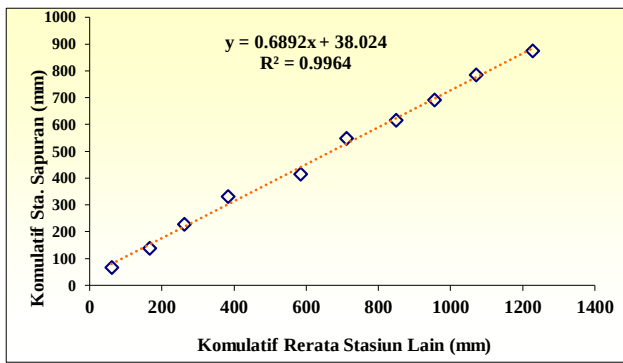
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Konsistensi Data

Hasil uji kepanggahan yang dilakukan di Stasiun Sapuran, Stasiun Guntur, dan Stasiun Tanjung Sari dengan metode RAPS adalah panggah.

Tabel 3. Hasil uji konsistensi RAPS

Nama Stasiun	Nilai Q RAPS	Nilai Kritik (90%)	Keterangan
Guntur	0,4550	1,10	panggah
Tanjung Sari	0,7550	1,10	panggah
Sapuran	0,9611	1,10	panggah



Gambar 2. Grafik sebaran curah hujan

Berdasarkan Gambar 2. dengan menggunakan regresi linier menghasilkan nilai Regresi mendekati 1, yaitu 0,9964. maka data hujan pada Stasiun Sampuran dinyatakan Konsisten.

4.2. Uji Homogenitas Data

Pengujian rata-rata dan kesamaan jenis varian sampel dilakukan pada tiap stasiun curah hujan wilayah di DAS Bogowonto.

Tabel 4. Hasil uji-t

No.	Nama Stasiun	Uji -t
1	Sapuran	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2
2	Guntur	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2
3	Tanjungsari	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2

Tabel 5. Hasil uji kesamaan jenis varian sample

No.	Nama Stasiun	Uji Kesamaan Jenis Varian Sampel
1	Sapuran	95% tidak terdapat perbedaan nyata varian antara periode 1 dan periode 2
2	Guntur	95% tidak terdapat perbedaan nyata varian antara periode 1 dan periode 2
3	Tanjungsari	95% tidak terdapat perbedaan nyata varian antara periode 1 dan periode 2

Uji varian populasi dilakukan pada antar stasiun di DAS Bogowonto dengan menggunakan Uji-F.

Tabel 6. Hasil uji varian antar stasiun

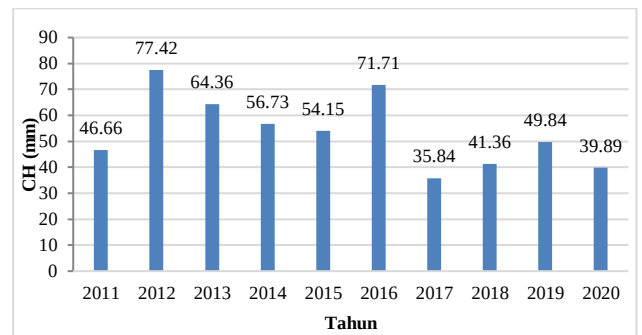
No.	Nama Stasiun	Uji F
1	Sapuran	95% mempunyai beda nyata antara varian Stasiun Guntur dan Tanjungsari
2	Guntur	95% mempunyai beda nyata antara varian Stasiun Sapuran dan Tanjungsari
3	Tanjungsari	95% mempunyai beda nyata antara varian Stasiun Guntur dan Sapuran

Untuk lebih menajamkan analisis dilakukan dalam periode bulan basah (DJF), periode bulan kering (JJA), periode bulan peralihan (gabungan) (MAM & SON) dan periode total tahunan yang diuji pada stasiun hujan dengan data

terpanjang, yaitu Stasiun Tanjungsari. Parameter statistik yang digunakan adalah uji-t dan uji-F.

Tabel 7. Hasil uji varian musim

No.	Musim	Uji Varian
1	Total Tahunan	95% terdapat perbedaan varian pada periode 1 dan periode 2
2	Bulan Basah (DJF)	95% tidak terdapat perbedaan varian pada periode 1 dan periode 2
3	Bulan Kering (JJA)	95% tidak terdapat perbedaan varian pada periode 1 dan periode 2
4	Bulan Peralihan (MAM-SON)	95% tidak terdapat perbedaan varian pada periode 1 dan periode 2



Gambar 3. Curah hujan wilayah rerata maksimum

Berdasarkan Gambar 3 di atas bahwa pada tahun 2017 telah terjadi perubahan intensitas curah hujan. Berdasarkan data ENSO, telah terjadi fenomena El Nino pada tahun 2015 yang dimana akan berdampak perubahan intensitas pada tahun-tahun yang akan datang yakni terjadi perubahan intensitas curah hujan secara nyata pada DAS Bogowonto dari tahun 2016 hingga tahun 2020.

4.3. Klasifikasi Curah Hujan

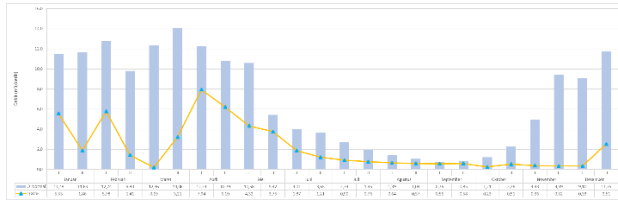
Klasifikasian iklim menurut Schmidt-Ferguson bertujuan untuk menentukan vegetasi perhutanan berdasarkan jumlah bulan kering dan bulan basah pada DAS Bogowonto selama 10 tahun (2011-2020).

Tabel 8. Klasifikasi curah hujan

Bulan	Periode	Hari	Curah Hujan Andalan R80 (mm/hari)	Karakteristik Curah Hujan
Januari	I	15	106,76	BB
	II	16	174,76	BB
Februari	I	15	149,79	BB
	II	15	165,80	BB
Maret	I	15	138,58	BB
	II	16	145,27	BB
April	I	15	133,86	BB
	II	16	97,33	BL
Mei	I	15	80,72	BL
	II	13	47,51	BK
Juni	I	15	42,10	BK
	II	16	26,21	BK
Juli	I	15	23,22	BK
	II	15	15,24	BK
Agustus	I	15	4,62	BK
	II	16	13,00	BK
September	I	15	10,79	BK
	II	15	31,80	BK
Oktober	I	15	89,97	BL
	II	16	89,97	BL
November	I	15	109,87	BB
	II	16	140,35	BB
Desember	I	15	134,32	BB
	II	15	139,69	BB

4.4. Ketersediaan air

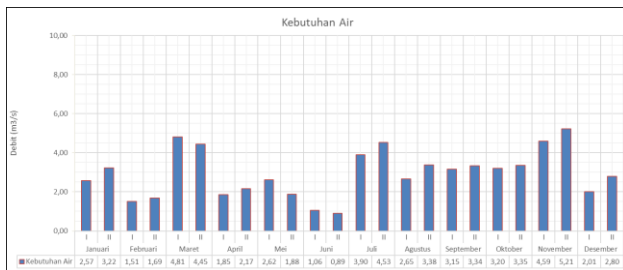
Ketersediaan air pada penelitian ini menggunakan data debit tercatat, yang diperoleh dari pencatatan debit pada Bendung Guntur. Rentang tahun pencatatan debit yang digunakan pada penelitian ini sama dengan data curah hujan yakni 10 tahun (2011-2020).



Gambar 4. Grafik debit Sungai Bogowonto dan Debit Andalan (Q80)

Pada gambar 4. menunjukkan debit Sungai Bogowonto memiliki kondisi yang rendah pada bulan akhir Juli hingga Oktober. Hal ini dikarenakan curah hujan pada bulan-bulan tersebut memiliki intensitas rata-rata rendah sebesar 8-20 mm/hari.

Debit air Sungai Bogowonto dimanfaatkan untuk keperluan irigasi dan air baku, kebutuhan irigasi terkait dengan pola tanam yang dilakukan masyarakat sehingga membutuhkan air dengan debit yang berbeda-beda di setiap bulannya. Sedangkan kebutuhan air baku didasarkan dengan jumlah pelayanan yang diajukan oleh PDAM setempat meliputi permintaan air berdasarkan perkembangan wilayah yang berlangsung.



Gambar 5. Grafik kebutuhan air

Neraca air pada sungai Bogowonto, Q rata-rata maksimum selama 1 tahun adalah 22,27 m³/s yang terjadi pada bulan Februari periode II dan Q rata-rata minimum adalah 7,52 m³/det yang terjadi pada bulan Agustus periode II. Terdapat bulan-bulan antara kebutuhan dan ketersediaan memiliki selisih yang tidak banyak yaitu Juli hingga Oktober dimana pada bulan-bulan tersebut memiliki intensitas curah hujan yang tidak stabil terjadi karena curah hujan pada bulan-bulan tersebut rendah (20-50mm) dengan karakteristik curah hujan di bawah normal (31%-50 %)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari seluruh pengujian, analisis data, dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Kualitas data dari ke-tiga stasiun dinyatakan memenuhi uji kepenggahan/konsistensi.
- Hasil uji terhadap masing-masing stasiun menunjukkan bahwa pada uji varian stasiun Sapuran dan Guntur terdapat perbedaan varian yang signifikan. Uji varian antar stasiun menunjukkan bahwa tidak ada perubahan signifikan di semua stasiun. Pada uji musim menunjukkan bahwa di uji varian menunjukkan bahwa DJF, JJA, MAM-SON dan Total Tahunan tidak terdapat perbedaan. Uji nilai rata-rata menunjukkan bahwa MAM-SON dan total tahunan terdapat perbedaan nilai rata-rata yang signifikan.
- Hasil uji terhadap hujan di wilayah DAS Bogowonto menunjukkan bahwa pada uji varian tidak terdapat perbedaan nilai varian dan pada uji nilai rata-rata terdapat perbedaan yang signifikan antar kedua periode.
- Terdapat bulan-bulan antara kebutuhan dan ketersediaan memiliki selisih yang tidak banyak yaitu Juli hingga Oktober dimana pada bulan-bulan tersebut memiliki intensitas curah hujan yang tidak stabil terjadi karena curah hujan pada bulan-bulan tersebut rendah (20-50mm) dengan karakteristik curah hujan di bawah normal (31%-50 %)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak yang telah menyediakan semua data yang diperlukan untuk penelitian ini dan dorongan untuk melakukan penelitian tersebut demi kepentingan ilmu pengetahuan dan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Shaphira, D. (2023). Penerapan teknik statistical downscaling dalam proyeksi curah hujan daerah aliran sungai krueng aceh tahun 2021-2100.
- Kadri, T., Kurniyaningrum, E., Limantara, L.M. Hydrology Characteristics in Krukut River Riparian Buffer Zone. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 2021, 56(6), pp. 277-284.
- Kurniyaningrum, E., Kadri, T., Daniel, H.M., Condition Of Riparian Buffer Zone In Krukut River, Indonesia. In *Proceedings of The 2nd Complexity In Applied Science and Engineering International Conference*, 2018, Phuket, Thailand, 12-14 October 2018.
- Kartasapoetra, A.G., 2004. *Klimatologi Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman*. PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Jhonson, L. M., 1992. *The meteorology of Indonesia and the maritime continent*. The 4th ICEAR symposium, 1-7
- Aldrian, E., R. D. Susanto, 2003, Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their

- relationship to sea surface temperature, *International Journal of Climatology*, 23, 1435-1452.
- [7] Bouraoui, F., B. Grizzetti, K. Grandlund, S. Rekolainen and G. Bidoglio. 2004. Impact of climate change on the water cycle and nutrient losses in a Finnish catchment. *Climatic Change*. 66: 109-126.
- [8] Gosain, A.K., Sandhya Rao, and Debajit Basuray. 2006. Climate change impact assessment on hydrology of Indian river basins. *Current Science*. 90(3): 346-353.
- [9] Heuvelmans, G., J.F. Garcia-Qujano, B. Muys, J. Feyen and P. Coppin. 2005. Modelling the water balance with SWAT as part of the land use impact evaluation in a life cycle study of CO2 emission reduction scenarios. *Hydrological Processes*. 19: 729-748.
- [10] Legesse, D., C. Vallet-Coulomb and F. Gasse. 2003. Hydrological response of a catchment to climate and land use change in Tropical Africa: case study South Central Ethiopia. *Journal of Hydrology*. 275: 67-85.
- [11] Soja, G., Zuger, J., Knoflacher, M., Kinner, P dan Soja, A.M. 2013. Climate impacts on water balance of a shallow steppe lake in Eastern Austria (Lake Neusiedl). *Journal of Hydrology*. 480:115-124
- [12] Koutroulis, A.G., Tsanis, I.K., Daliakopoulos, I.N., dan Jacob, D. 2013. Impact of climate change on water resources status: A case study for Crete Island, Greece. *Journal of Hydrology*. 479:146-158