

ANALISIS PERUBAHAN IKLIM (HUJAN) DI KAWASAN KABUPATEN BOYOLALI

Muttiara Said¹⁾, Siti Qomariyah²⁾, Solichin,³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: muttiarasaid@gmail.com

Abstract

Cemoro watershed is one of watershed in Boyolali which rises in the Bengawan Solo River. The issue of global warming suspected impact on climate change. Rain is one of the parameters of the climate. The purpose of this research is to know the validity of the data on rain, aware of any indications of climate change on rainfall and the rain area in Cemoro watershed. The methods used in this research to know the validity of the data is a method of RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums). The characteristics of rainfall and changes in rainfall distribution is analyzed with statistical tests, the average test with Tee-test, test sample by type of similarity variant with Barlett – square test, and variant population with AIF-Test. Rainfall data taken from Andong station, Karanggede station, Gisik Banyudono station, and areal rainfall in Cemoro watershed. Results of analysis showed that the third rain station is valid. Average annual precipitation between periods 1 and 2 at each rain station and areal rainfall showed no real difference. However, in a variant type of similarity test samples showed that The Karanggede, The Gisik Banyudono, and areal rainfall has the real difference, only The Andong has no real difference. Results of analysis showed that the population variants variants of rainfall between the three rain stations have a real difference. Statistical analysis of the results by using the total annual rainfall, wet months (DJF), the dry months (JJA), and transitional months (MAM & SON) shows that the distribution of rainfall changes are quite significant, based on the average value and variants.

Keywords: *rainfall, the validity of rainfall data, average, variant.*

Abstrak

DAS Cemoro merupakan salah satu DAS di Kabupaten Boyolali yang bermuara di Sungai Bengawan Solo. Isu pemanasan global ditengarai berdampak pada perubahan iklim. 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 di DAS Cemoro. 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 dengan uji-Barlett Chikuadrat, dan uji varian populasi dengan uji-F. Data hujan diambil dari Stasiun Andong, Stasiun Karanggede, Stasiun Gisik Banyudono dan hujan wilayah DAS Cemoro. 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. Namun pada uji kesamaan jenis varian sampel menunjukkan bahwa Stasiun Karanggede, Gisik Banyudono, dan hujan wilayah mempunyai beda nyata, hanya Stasiun Andong yang tidak mempunyai beda nyata. Hasil analisis varian populasi menunjukkan bahwa varian curah hujan antar ketiga stasiun mempunyai 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.

Kata kunci: curah hujan, validitas data hujan, rata-rata, varian.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim disebabkan oleh meningkatnya jumlah gas karbon dioksida (CO₂) dan metana (CH₄) di atmosfer bumi. Hal ini sangat berpengaruh terhadap curah hujan dan suhu udara. Perubahan iklim menyebabkan fluktuasi curah hujan tinggi dan mengubah perubahan distribusi hujan dengan kecenderungan daerah yang basah semakin basah dan daerah yang kering semakin kering. Di negara dengan empat musim, siklus musim (*seasonal cycle*) telah terpengaruh oleh perubahan iklim yang ditandai dengan meningkatnya intensitas hujan pada musim dingin, berkurangnya hujan di musim panas, dan peningkatan suhu. Untuk mengetahui adanya indikasi perubahan iklim di wilayah Kabupaten Boyolali dapat dilakukan dengan cara menganalisis data hujan dari stasiun hujan yang ada di sekitar Kabupaten Boyolali. Data hujan merupakan komponen yang sangat penting dan diharapkan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Terlebih dengan adanya pengaruh dari perubahan iklim (*climate change*) yang mempengaruhi distribusi curah hujan dan intensitasnya.

LANDASAN TEORI

Hujan merupakan sumber dari semua air yang mengalir di sungai dan di dalam tampungan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah. Jumlah dan variasi debit sungai tergantung pada jumlah, intensitas dan distribusi hujan. Jumlah hujan yang turun ke permukaan bumi dinyatakan dalam ketebalan air, yang dianggap terdistribusi secara merata pada seluruh daerah tangkapan air. 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. Dalam penelitian ini hujan wilayah diperhitungkan dengan cara poligon Thiessen. Validitas data hujan dilakukan dengan 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 dengan uji-Barlett Chikuadrat, dan uji varian populasi dengan uji-F.

Menguji Rata-rata Dari Dua Set Sampel dengan Uji-t

- i. $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (tidak ada perbedaan)
 $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (terdapat perbedaan)
- ii. $\alpha = 5\%$
- iii. Daerah kritis
 H_0 ditolak apabila $t_c < t_{-0,025}$ ($= -1,796$) atau $t_c > t_{0,025}$ ($= 1,796$)
- iv. Statistik Uji

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad \dots\dots\dots [1]$$

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad \dots\dots\dots [2]$$

- v. Kesimpulan

Rata-ratanya adalah:

$$\mu = \frac{N_1 \cdot \bar{X}_1 + N_2 \cdot \bar{X}_2}{N_1 + N_2} \quad \dots\dots\dots [3]$$

Keterangan:

- t = variabel-t terhitung
- N_1 = jumlah sampel set ke 1
- N_2 = jumlah sampel set ke 2
- S_1 = varian sampel set ke 1
- S_2 = varian sampel set ke 2
- \bar{X}_1 = rata-rata hitung sampel set ke 1
- \bar{X}_2 = rata-rata hitung sampel set ke 2
- μ = rata-rata kedua sampel

Uji Kesamaan Jenis Varian Sampel dengan Uji- χ^2

- i. $H_0 : S_1^2 = S_2^2$ (varian sama)
 $H_1 : S_1^2 \neq S_2^2$ (varian beda)
- ii. $\alpha = 5\%$
- iii. Daerah kritis
 H_0 ditolak apabila $\chi^2 > \chi^2_\alpha$ ($= 3,841$)
- iv. Statistik Uji

$$\chi^2 = \frac{dk \cdot \ln\left[\frac{1}{dk} \sum_{i=1}^{k+1} dki S_i^2\right] - \left[\sum_{i=1}^{k+1} dki \cdot \ln S_i^2\right]}{1 + \frac{1}{2k} \left[\left(\sum_{i=1}^{k+1} \frac{1}{dki}\right) - \frac{1}{dk}\right]} \quad \dots\dots\dots [4]$$

- v. Kesimpulan

Keterangan:

- i = periode ke 1,2, ..., n.
- ln = logaritma natural

dk = derajat kebebasan

Pengujian Varian Populasi dengan Uji-F

- i. $H_0 : \sigma_1^2 - \sigma_2^2 = 0$ (tidak ada perbedaan)
 $H_1 : \sigma_1^2 - \sigma_2^2 \neq 0$ (ada perbedaan)
- ii. $\alpha = 5\%$
- iii. Daerah kritis
 H_0 ditolak apabila $F > F_\alpha (= 2,69)$
- iv. Statistik Uji

$$F = \frac{N_1 \cdot S_1^2(N_2 - 1)}{N_2 \cdot S_2^2(N_1 - 1)} \dots\dots\dots[5]$$

- v. Kesimpulan

Keterangan:

- N_1 = jumlah sampel kelompok sampel ke 1
- N_2 = jumlah sampel kelompok sampel ke 2
- S_1 = deviasi standar kelompok sampel ke 1
- S_2 = deviasi standar kelompok sampel ke 2

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah wilayah DAS Cemoro Kabupaten Boyolali yang terletak di Provinsi Jawa Tengah. Data hujan yang digunakan adalah Stasiun Andong, Stasiun Karanggede, dan Stasiun Gisik Banyudono selama 20 tahun dari tahun 1993-2012. Uji kepengangan data dengan metode RAPS pada masing-masing stasiun hujan. Melakukan analisis hujan wilayah pada DAS. Setelah analisis hujan wilayah kemudian melakukan analisis statistik yaitu menguji rata-rata dan kesamaan jenis varian pada masing-masing stasiun hujan dan hujan wilayah lalu menyesuaikan dengan hipotesis yang telah ditentukan. Melakukan analisis statistik yang lain yaitu menguji varian populasi antar stasiun hujan yang pangkah lalu menyesuaikan dengan hipotesis yang telah ditentukan. Menguji kesamaan rata-rata dan kesamaan variansi stasiun hujan data terpanjang dengan cara total tahunan, bulan basah (DJF), bulan kering (JJA), bulan peralihan (MAM & SON). Menyimpulkan apakah terjadi perubahan akibat adanya indikasi perubahan iklim pada stasiun hujan dan hujan wilayah di DAS Cemoro sesuai dengan hipotesis masing-masing analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kepengangan Data

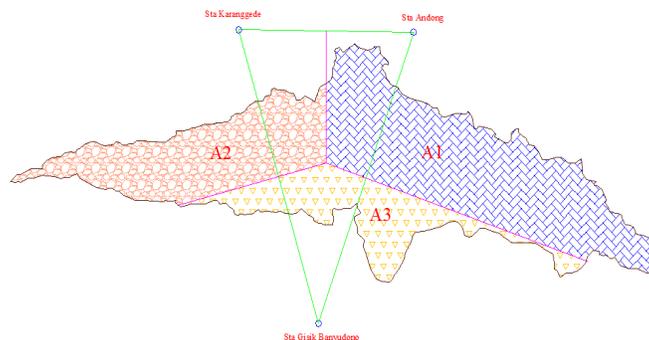
Hasil uji kepengangan yang dilakukan di Stasiun Karanggede, Stasiun Andong, dan Stasiun Gisik Banyudono dengan metode RAPS adalah pangkah.

Tabel 1. Resume Hasil Uji Kepengangan Metode RAPS

Nama Stasiun	Nilai Q RAPS	Nilai Kritik (90%)	Keterangan
Karanggede	0,738736	1,10	pangkah
Andong	0,388793	1,10	pangkah
Gisik Banyudono	0,918689	1,10	pangkah

Hasil Analisis Hujan Wilayah

Dari hasil analisis hujan wilayah dengan metode poligon Thiessen menghasilkan sebagai berikut:



Gambar 1. Hujan Wilayah DAS Cemoro dengan Metode Poligon Thiessen

Luas daerah tangkapan hujan masing-masing stasiun penakar hujan dengan menggunakan *tool* program AutoCAD:

$$\begin{aligned} A_1 &= 118,6 \text{ km}^2 \\ A_2 &= 69,95 \text{ km}^2 \\ A_3 &= 47,95 \text{ km}^2 \\ \text{Total luas DAS Cemoro} &= 236,5 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

Tabel 2. Nilai Koefisien Thiessen ($A_{\text{total}} = 326,5 \text{ km}^2$)

No.	P_i	$A_i \text{ (km}^2\text{)}$	$C_i = \frac{A_i}{A_{\text{total}}}$
1.	1	118,6	0,50148
2.	2	69,95	0,29577
3.	3	47,95	0,20274

Tabel 3. Hujan Wilayah Harian Maksimum Tahunan DAS Cemoro

TAHUN	CURAH HUJAN HARIAN (mm)			
	Stasiun Andong	Stasiun Karanggede	Stasiun Gisik Banyudono	MAK SIMAL
	50,15%	29,58%	20,27%	100%
1993	50,15	25,73	52,29	52,29
1994	88,03	44,06	13,18	88,03
1995	65,20	34,02	13,18	65,20
1996	50,15	26,03	15,54	50,15
1997	52,53	30,71	16,73	52,53
1998	106,94	51,92	60,16	106,94
1999	64,20	31,75	22,05	64,20
2000	0,00	19,84	14,19	19,84
2001	0,00	26,62	28,57	28,57
2002	0,00	0,00	0,00	0,00
2003	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,00	0,00	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	31,81	17,31	31,81
2007	65,70	29,72	26,65	65,70
2008	277,02	22,48	24,32	277,02
2009	64,75	36,07	153,97	153,97
2010	73,81	118,36	157,59	157,59
2011	57,55	46,18	0,00	57,55
2012	78,73	59,16	0,00	78,73
	Rata - rata			67,50

Analisis Statistik

Menguji Rata-rata Dari Dua Set Sampel dan Uji Kesamaan Jenis Varian Sampel

Pengujian rata-rata dan kesamaan jenis varian sampel dengan menggunakan Uji-t dan Uji- χ^2 dilakukan pada tiap stasiun dan hujan wilayah DAS Cemoro.

Tabel 4. Hasil Uji t dan χ^2 Masing-masing Stasiun dan Hujan Wilayah DAS Cemoro

No.	Stasiun Hujan	Uji Rata-rata (Uji-t)	Uji Kesamaan Jenis Varian Sampel (Uji χ^2)
1.	Andong	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2	95% tidak terdapat perbedaan nyata varian antara periode 1 dan periode 2
2.	Karanggede	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2	95% mempunyai perbedaan nyata varian antara periode 1 dan periode 2
3.	Gisik Banyudono	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2	95% mempunyai perbedaan nyata varian antara periode 1 dan periode 2
4.	Hujan wilayah	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2	95% mempunyai perbedaan nyata varian antara periode 1 dan periode 2

Pengujian Varian Populasi

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

Tabel 5. Hasil Uji Varian Antar Stasiun

No.	Stasiun Hujan	Uji Varian Populasi (Uji-F)
1.	Karanggede dan Andong	95% mempunyai beda nyata antara varian Stasiun Karanggede dan Andong
2.	Gisik Banyudono dan Andong	95% mempunyai beda nyata antara varian Stasiun Gisik Banyudono dan Andong
3.	Gisik Banyudono dan Karanggede	95% mempunyai beda nyata antara varian Stasiun Gisik Banyudono dan Karanggede

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 Karanggede. Parameter statistik yang digunakan adalah uji-t dan uji-F.

Tabel 6. Curah Hujan Total Tahunan, Total Bulan Basah, Total Bulan Kering, dan Total Bulan Peralihan Stasiun Karanggede (mm/tahun)

No.	Total		DJF		JJA		MAM & SON	
	Per.1	Per.2	Per.1	Per.2	Per.1	Per.2	Per.1	Per.2
1.	2434	2385	1143	882	129	109	1162	1394
2.	1938	2124	843	1454	0	0	1095	670
3.	3298	1685	1358	519	283	115	1657	1051
4.	1869	1788	645	597	91	45	1133	1146
5.	1625	2470	880	1243	0	129	745	1098
6.	3181	3926	1138	1740	354	347	1689	1839
7.	2728	2290	1446	828	162	177	1120	1285
8.	1465	8082	545	4720	145	16	775	3346
\bar{x}	2317,5	3093,75	999,75	1497,875	145,5	117,25	1172	1478,625
S	701,0787	2129,475	324,845	1368,284	124,3463	110,7026	349,0203	824,0894

Dari pengujian t dan F yang dilakukan pada masing-masing periode bulan maka hasilnya dapat dilihat dalam tabel berikut

Tabel 7. Hasil Analisis Statistik Stasiun Karanggede Pada Total Tahunan, Bulan Basah, Bulan Kering dan Bulan Peralihan (Periode 1 vs Periode 2)

No.	Periode Bulan	Uji Rata-rata (Uji-t)	Uji Varianl (Uji-F)
1.	Total Tahunan	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2	95% mempunyai beda nyata varian antara periode 1 dan periode 2
2.	Bulan Basah (DJF)	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2	95% mempunyai beda nyata varian antara periode 1 dan periode 2
3.	Bulan Kering (JJA)	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2	95% tidak terdapat beda nyata varian antara periode 1 dan periode 2
4.	Bulan Peralihan (MAM & SON)	95% tidak terdapat beda nyata antara periode 1 dan periode 2	95% mempunyai beda nyata varian antara periode 1 dan periode 2

SIMPULAN

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

1. Hasil analisis uji kepanggahan data hujan tahunan pada Stasiun Andong, Stasiun Karanggede, dan Stasiun Gisik Banyudono menunjukkan bahwa data dari ketiga stasiun hujan tersebut adalah panggah.
2. Dari hasil analisis uji statistik dengan menggunakan Uji-t, Uji- χ^2 , dan Uji-F menunjukkan bahwa terjadi perubahan akibat adanya indikasi perubahan iklim terhadap curah hujan di Stasiun Andong, Stasiun Karanggede, dan Stasiun Gisik Banyudono berdasarkan nilai rata-rata yang masih dalam batas toleransi serta sebagian besar nilai varian mempunyai beda nyata. Hasil analisis uji statistik dengan menggunakan curah hujan total tahunan, bulan basah (DJF), bulan kering (JJA), dan bulan peralihan (MAM & SON) pada Stasiun Karanggede menunjukkan bahwa perubahan yang terjadi berdasarkan nilai rata-rata curah hujan untuk kedua periode masih dalam batas toleransi, sedangkan berdasarkan nilai varian untuk kedua periode telah melampaui batas toleransi dan hanya pada bulan kering yang masih berada dalam batas toleransi. Ini menunjukkan terjadi perubahan curah hujan yang signifikan di Stasiun Karanggede.
3. Dari hasil analisis uji statistik dengan menggunakan Uji-t, Uji- χ^2 , dan Uji-F menunjukkan bahwa terjadi perubahan akibat adanya indikasi perubahan iklim terhadap hujan wilayah di DAS Cemoro berdasarkan nilai rata-rata yang masih dalam batas toleransi serta nilai varian yang mempunyai beda nyata.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Siti Qomariyah, M.Sc. dan Ir. Solichin, M.T. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Triatmodjo, Bambang, 2008, *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- CD Soemarto, 1986, *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Chow, dkk, 1988, *Applied Hidrology*. McGraw-Hill, New York.
- Soeprapto, Mamok, 2000, *Buku Pegangan Kuliab: Hidrologi*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Soeprapto, Mamok, 2008, *Pemodelan Pengelolaan Aliran Rendah Dengan Pendekatan Hidrologi Elementer*. Disertasi, UGM, Yogyakarta.
- Sri Harto Br, 1993, *Analisis Hidrologi*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi, Yogyakarta.
- Dunne, dkk, 2008, *The impacts of climate change on hydrology in Ireland*. University College, Dublin, Ireland.
- Suyono Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, 1976, *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Thodsen, Hans, 2007, *The influence of climate change on stream flow in Danish rivers*. University of Compenhagen, Denmark.
- Apriyanto, Dhanu, 2006. *Perhitungan Aliran Permukaan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Studi Kasus DAS Keduang. Skripsi*, UNS, Surakarta.
- Trenberth, dkk, 1995. *The Effects of Climate Change*. University Wincosin-Madison. US
- Sulistiyowati, 2006. *Dampak Pola Iklim Terhadap Sumber Daya Air di Indonesia*. Suara Pembaruan.
- UNDP, 2007. *Sisi Lain Perubahan Iklim*. Jakarta.
- Agustin, Winda, 2010. *Pola Distribusi Hujan Jam-jaman Di Sub DAS Keduang*. UNS, Surakarta.
- Wiyasri, Yunie, 2010. *Pola Distribusi Hujan Jam-jaman Di Sub DAS Temon dan Wuryantoro*. UNS, Surakarta.
- Nurhidayah, Ropri, 2010. *Pola Distribusi Hujan Jam-jaman Di Sub DAS Alang*. UNS, Surakarta.
- <http://regionalinvestment.bkpm.go.id/newsipid/userfiles/ppi/boyolali.pdf>
- http://www.google.com/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.tankonyvtar.hu%2Fen%2Ftartalom%2Ftamop425%2F0032_hidrologia%2Fimages%2F17.bmp&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.tankonyvtar.hu%2Fen%2Ftartalom%2Ftamop425%2F0032_hidrologia%2Fch06s02.html&h=280&w=570&tbnid=YI4MHMVRG-x7M%3A&zoom=1&docid=oHoexC5vuQEo0M&ei=YztqU6qOEo3GuASy9IFY&tbm=isch&client=firefox-a&ved=0CIYBEDMoKTAp&iact=rc&uact=3&dur=451&page=3&start=36&ndsp=19&biw=1280&bih=656
- Soewarno, 2014, *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisis Data Jilid 2*. NOVA, Bandung.
- Tatang Endi, Hariadi, 1999, *Analisis Perubahan Iklim Bandung Berdasarkan Data Curah-Hujan*. LAPAN, Jakarta.