

KAJIAN VARIABILITAS CURAH HUJAN DI KAWASAN LERENG GUNUNG MERAPI DENGAN UJI MANN-KENDALL

Endita Prima Ari Pratiwi¹⁾, Joko Sujono¹⁾, Rachmad Jayadi¹⁾

***Abstrac** - Rainfall is one of hydrology components that may be affected by climate change. The change of rainfall pattern can cause much impact on many fields. Many researches about global and regional climate change projection have been conducted. However, research about local scale of climate change based on climate character in local area is still necessary for a better result. Area of this research cover southwest slope of Merapi Mount, Java Island, Indonesia. Automatic rainfall data records from 1989 until 2008 of nine rainfall gauges in Merapi Mount's southwest slope is available. Those data series this research is only adequate for climate variability analysis. The methods to detect trends in this research is non parametric test (Mann-Kendall test). The results show that at level of significance 5%, trend of rainfall in Mt. Merapi slope area is statistically not performing a specific pattern. Wet season occur every November until April while dry season occur every May until October. Neglect of trend signification, annual rainfall has decrease tendency. Rainfall amount in the beginning of wet season has increase tendency while rainfall amount in the middle of wet season and dry season have decrease tendency. Maximum daily and hourly rainfall also have decrease tendency. Spatially, annual rainfall and maximum daily rainfall increased from lower to higher elevation, from east to west and from south to north.*

Keywords: climate change, climate variability, rainfall, trend analysis

PENDAHULUAN

Beberapa tahun belakangan ini para petani di desa-desa di pulau Jawa sudah membicarakan musim yang tidak normal. Kearifan kuno petani padi mengenai urutan musim tanam, *pranata mangsa* di Jawa, *Palontara* di Sulawesi Selatan, dan banyak kearifan lainnya sudah dikacaukan oleh perubahan iklim. Di sebagian besar wilayah Sumatera selama kurun waktu 1960-1990 dan 1991-2003, awal musim hujan menjadi terlambat 10 hingga 20 hari dan awal kemarau menjadi terlambat 10 hingga 60 hari. Berbagai pergeseran serupa juga sudah dirasakan di pulau Jawa. Pola-pola ini berpeluang untuk berlanjut. Di masa yang akan datang, sebagian wilayah Indonesia, terutama wilayah yang terletak di sebelah selatan khatulistiwa, dapat mengalami musim kemarau yang lebih panjang dan musim hujan yang lebih pendek tetapi dengan curah hujan yang lebih tinggi. Di samping itu, iklim juga

mungkin akan semakin berubah-ubah dengan semakin seringnyakejadian curah hujan yang tidak menentu (UNDP, 2007).

Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian mengenai model proyeksi perubahan iklim termasuk curah hujan dalam skala global dan regional. Akan tetapi, model tersebut tidak cocok digunakan dalam skala lokal karena adanya berbagai faktor lokal. Oleh karena itu, penelitian dalam skala lokal perlu dilakukan menggunakan data terukur di kawasan setempat agar hasilnya lebih akurat. Pada penelitian ini dilakukan pengkajian mengenai perubahan curah hujan skala lokal khususnya di kawasan lereng Gunung Merapi bagian selatan dan barat. Kawasan tersebut dipilih karena memiliki faktor lokal yang sangat tinggi yakni kejadian orografis. Penelitian inidilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya variabilitas curah hujan kumulatif di kawasan lereng gunung Merapi ditinjau dari curah hujan bulanan, musiman dan tahunan dan

mengetahui besarnya variabilitas ditinjau dari hujan harian dan jam-jaman.

Definisi menurut World Meteorological Organization (1988) “perubahan iklim” adalah perbedaan nilai rata-rata dalam jangka panjang pada parameter statistik iklim, dimana nilai rata-rata menjangkau jangka waktu tertentu, biasanya beberapa dekade. “Variabilitas iklim” adalah nilai ekstrim dan perbedaan nilai rata-rata bulanan, musiman dan tahunan dari parameter iklim yang diperhitungkan (*temporal means*). Perbedaan itu sering disebut dengan anomali (Kundzewicz dan Robson, 2000). Perubahan iklim berlangsung dalam skala global, regional dan lokal. Definisi ‘regional’ sulit ditetapkan. Regional bisa ditetapkan berdasarkan pertimbangan geografi, politik atau fisiografi, keseragaman iklim atau pertimbangan lainnya. Oleh karena itu, definisi regional ditetapkan berdasarkan area jangkauan. Skala regional didefinisikan sebagai daerah yang menjangkau 10^4 sampai 10^7 km². Jangkauan yang lebih besar dari 10^7 km², disebut skala global dan didominasi oleh proses dan interaksi sirkulasi global sedangkan jangkauan di bawah 10^4 km² disebut skala lokal (Giorgi, et al., 2001).

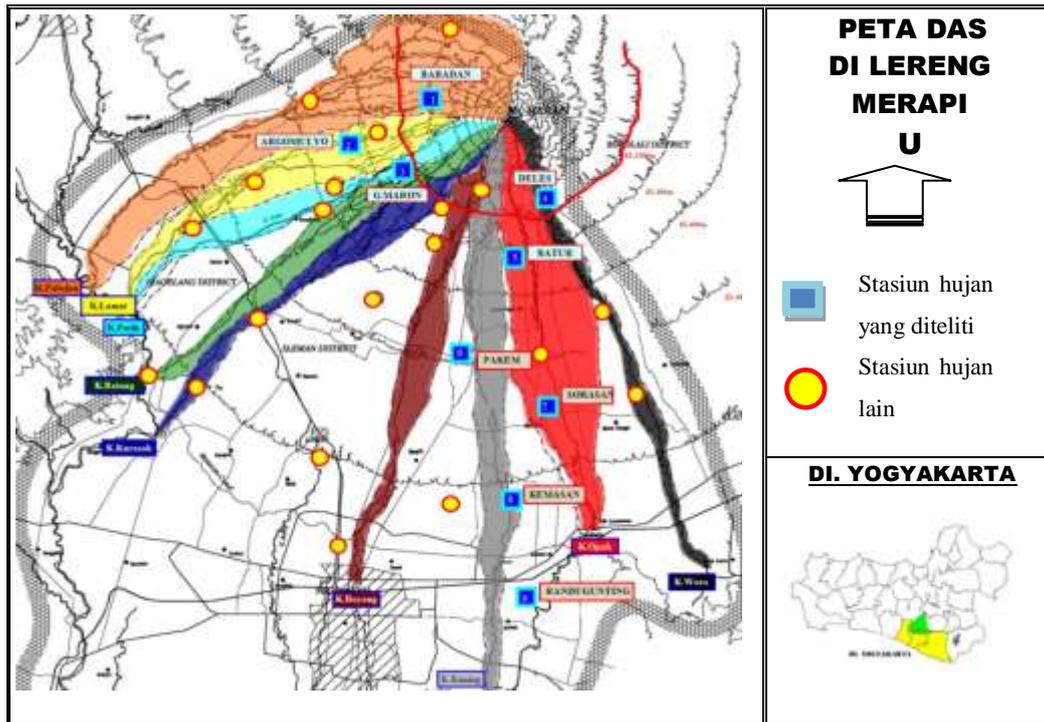
Aldrian dan Susanto (2003) mengatakan bahwa pola hujan Indonesia secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga wilayah yaitu tipe muson (kawasan A), tipe ekuator (kawasan B) dan tipe lokal (kawasan C). Tipe muson memiliki pola hujan dengan satu puncak musim penghujan. Enam bulan menerima curah hujan yang tinggi (disebut sebagai musim hujan, terjadi pada bulan Oktober-Maret), dan enam bulan berikutnya menerima curah hujan yang rendah (disebut musim kemarau, secara umum terjadi pada bulan April-September). Hujan di Indonesia didominasi oleh tipe ini. Tipe ekuator dicirikan dengan adanya dua puncak musim

hujan (umumnya terjadi di bulan Maret dan Oktober). Tipe lokal memiliki satu puncak musim hujan, tetapi terjadi pada bulan berlawanan dengan tipe muson.

Analisis perubahan pola hujan spasial di seluruh Indonesia telah dilakukan oleh Kaimuddin (2002) dalam Boer dan Faqih (2006). Analisis dilakukan meliputi 210 stasiun hujan di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antara periode 1931-1960 dan 1960-1990, hujan tahunan di sebagian besar wilayah Indonesia bagian selatan mengalami penurunan, sedangkan di bagian utara mengalami peningkatan. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa perbedaan antara musim penghujan dan kemarau mengalami peningkatan. Hal ini berarti bahwa untuk wilayah selatan, curah hujan di musim penghujan cenderung meningkat sedangkan di musim kemarau cenderung menurun. Hal sebaliknya terjadi di utara. Naylor, *et al.* (2007) telah memproyeksikan curah hujan di Jawa dan Bali sampai dengan tahun 2050 menggunakan 15 macam *Global Climate Model* (GCM) dan masing-masing dikembangkan dengan tiga macam *empirical downscaling model* (EDM) sehingga totalnya ada 45 estimasi. Pada bulan April-Juni akan terjadi peningkatan curah hujan di Jawa dan Bali, sedangkan pada bulan Juli-September diproyeksikan kondisinya luar biasa kering.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian merupakan stasiun pencatatan curah hujan di sekitar lereng Gunung Merapi. Peta lokasi stasiun hujan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 sedangkan koordinat stasiun hujan dapat dilihat pada Tabel 1. Data hujan yang tersedia adalah data hujan otomatis dari tahun 1989 sampai 2008.



Gambar 1. Peta lokasi stasiun hujan (Yachiyo Engineering Co., 2006)

Tabel 1. Data stasiun pencatat hujan

No	Nama Stasiun	Lokasi	Koordinat	Elevasi (dpl)
1	Deles (DLS)	Kec. Kemalang Kab. Klaten	07 ^o 41' 24.3" LS 110 ^o 28' 15" BT	1.098 m
2	Babadan (BBD)	Kec. Dukun Kab. Magelang	07 ^o 31' 35.7" LS 110 ^o 24' 34.7" BT	1.138 m
3	Kemasan (KMS)	Kec. Ngemplak Kab. Sleman	07 ^o 42' 52" LS 110 ^o 26' 53" BT	250 m
4	Argomulyo (ARG)	Kec. Dukun Kab. Magelang	07 ^o 33' 21" LS 110 ^o 21' 49.93" BT	720 m
5	Pakem (PKM)	Kec. Pakem Kab. Sleman	07 ^o 39' 14.6" LS 110 ^o 24' 57.8" BT	445 m
6	Batur (BTR)	Kec. Cangkringan Kab. Sleman	07 ^o 36' 56.8" LS 110 ^o 27' 8.5" BT	745 m
7	Sorasan (SRS)	Kec. Ngemplak Kab. Sleman	07 ^o 41' 24.3" LS 110 ^o 28' 0.8" BT	300 m
8	Gunung Maron (GNM)	Kec. Srumbung Kab. Magelang	07 ^o 33' 56.8" LS 110 ^o 23' 34.5" BT	960 m
9	Randugunting (RDG)	Kec. Prambanan Kab. Klaten	07 ^o 46' 1.46" LS 110 ^o 29' 2.33" BT	131 m

Sumber: Nursaleh, 2010

Metode analisis yang digunakan adalah *trend analysis* menggunakan Uji Mann-Kendall. Uji Mann-Kendall adalah salah satu metode *trend analysis* yang bersifat non-parametrik. Metode ini tidak memerlukan asumsi data berdistribusi normal. Parameter uji yang digunakan dalam uji hipotesis adalah Z dengan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$. Dengan

tingkat signifikansi tersebut, nilai Z_{cr} adalah 1,64485.

Persamaan uji Mann-Kendall adalah:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j) \tag{1}$$

$$\sigma^2(S) = n(n-1)(2n+5)/18 \tag{2}$$

$$Z_{uji} = \frac{S}{\sqrt{\sigma^2(S)}} \tag{3}$$

dimana Sadalah jumlah rangking n data pengamatan yang berurutan, $sign(x_i-x_j)=-1$ untuk $x_i - x_j < 0$; 0 untuk $x_i - x_j = 0$; $+1$ untuk $x_i - x_j > 0$, nadalah banyaknya data pengamatan, dan $\sigma^2(S)$ adalah varian S .

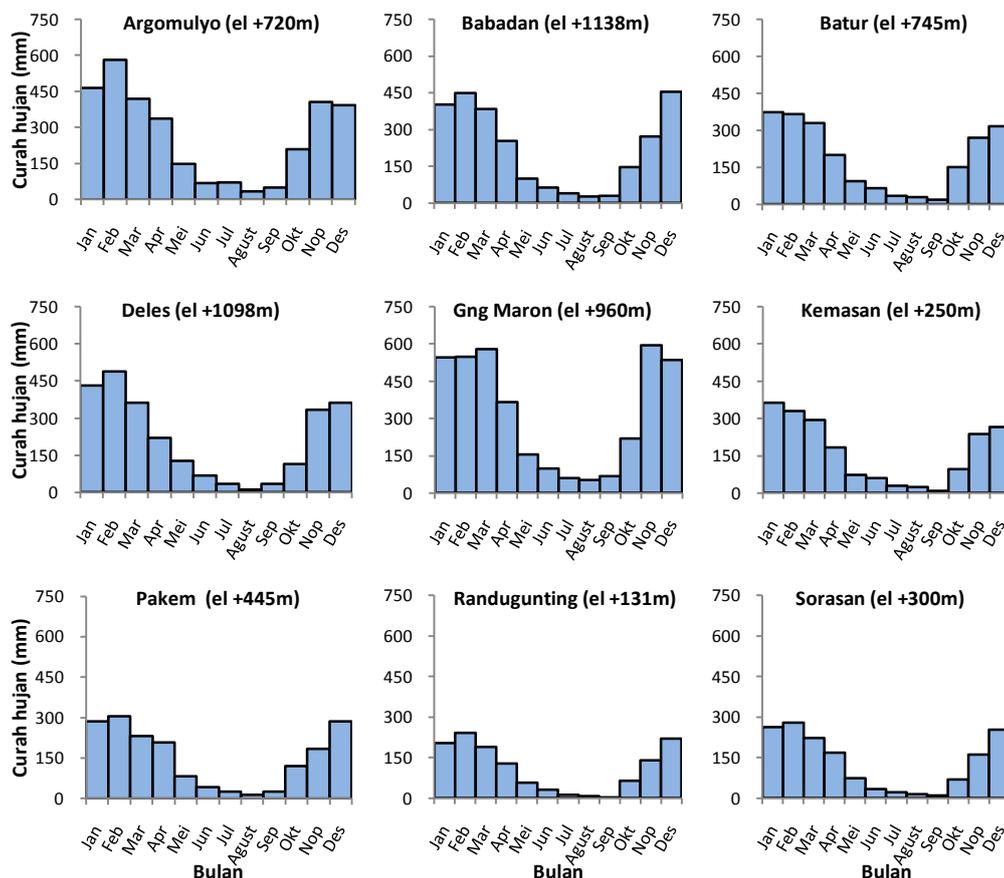
Tabel 2. Cara pengambilan keputusan *trend analysis* dengan uji Mann-Kendall.

Nilai S	Nilai Z_{uji} dan Z_{critic}	Kesimpulan
Positif	$Z_{uji} > Z_{critic}$	Trend meningkat
Positif	$Z_{uji} < Z_{critic}$	Tidak ada trend
Negatif	$Z_{uji} > Z_{critic}$	Trend menurun
Negatif	$Z_{uji} < Z_{critic}$, $C_v < 1$	Trend tetap
Negatif	$Z_{uji} < Z_{critic}$, $C_v \geq 1$	Tidak ada trend

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Hujan Rata-rata Bulanan dalam Setahun

Pola hujan rata-rata bulanan dalam setahun di kawasan lereng Merapi ditunjukkan oleh Gambar 2. Dari penelitian yang telah dilakukan, kesembilan stasiun hujan yang diuji memiliki pola hujan rerata bulanan dalam setahun yang relatif sama yang merupakan tipe muson. Musim penghujan terjadi pada bulan November-April sedangkan musim kemarau terjadi pada bulan Mei-Oktober. Puncak musim penghujan umumnya terjadi di bulan Februari, sedangkan puncak musim kemarau terjadi di bulan Agustus/September.



Gambar 2. Pola hujan bulanan rerata dalam satu tahun pada tahun 1989-2008 di sembilan stasiun hujan di kawasan lereng Merapi.

Variabilitas Temporal Curah Hujan

Setelah dilakukan analisis, *trend* curah hujan yang terjadi dalam kurun waktu 1989 sampai 2008 dapat diketahui. Berdasarkan

Tabel 3 sampai Tabel 11, terlihat bahwa sebagian besar kejadian hujan tidak mengalami *trend* yang signifikan atau tetap. Peningkatan dan penurunan curah hujan

yang signifikan hanya tampak pada beberapa kejadian hujan. Misalnya pada kejadian hujan harian. Empat dari sembilan stasiun hujan yaitu Batur, Deles, Randugunting dan Sorasan, mengalami penurunan curah hujan yang cukup signifikan, sedangkan stasiun Babadan mengalami peningkatan yang signifikan. Uji Mann-Kendall yang merupakan uji non-parametrik dan tidak memerlukan asumsi distribusi normal menunjukkan hasil yang lebih baik daripada uji parametrik yang memerlukan asumsi data berdistribusi normal sebab kejadian di alam ini tidak terdistribusi normal secara sempurna.

Tabel 3. Hasil uji Mann-Kendall (Argomulyo)

	Keterangan	Z_{uji}	Cv	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	0,9854	0,36	tanpa trend
	Februari	0,3707	0,38	tanpa trend
	Maret	0,4927	0,52	tanpa trend
	April	0,1094	0,58	tanpa trend
	Mei	0,1788	1,04	tanpa trend
	Juni	-0,4531	1,02	tanpa trend
	Juli	-0,2474	1,20	tanpa trend
	Agustus	-0,3707	1,92	tanpa trend
	September	0,5767	1,38	tanpa trend
	Oktober	0,0823	0,95	tanpa trend
	November	2,0803	0,65	meningkat
	Desember	-1,2522	0,44	tetap
Hujan Musiman	Jan-Mar	0,54745	0,33	tanpa trend
	Apr-Jun	-0,8759	0,57	tetap
	Jul-Sep	0,1350	1,28	tanpa trend
	Okt-Des	1,6423	0,34	tanpa trend
Hujan Tahunan		1,4032	0,22	tanpa trend
Hujan Harian Max		0,2651	0,44	tanpa trend
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	0,8333	0,04	tanpa trend
	2 jam	0,6060	0,07	tanpa trend
	3 jam	2,5127	0,06	meningkat
	4 jam	0,4545	0,06	tanpa trend
	5 jam	0,0823	0,05	tanpa trend
	6 jam	1,6065	0,06	tanpa trend
	7 jam	-0,2059	0,08	tetap
	8 jam	0,6433	0,16	tanpa trend

Tabel 4. Hasil uji Mann-Kendall (Babadan)

	Keterangan	Z_{uji}	Cv	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	-0,1235	0,31	tetap
	Februari	0,3707	0,29	tanpa trend
	Maret	1,9359	0,25	meningkat
	April	0,0000	0,48	tanpa trend
	Mei	1,8892	0,69	meningkat
	Juni	-0,6060	0,94	tetap
	Juli	0,7954	1,76	tanpa trend
	Agustus	-0,0411	2,04	tanpa trend
	September	0,83331	1,44	tanpa trend
	Oktober	1,4772	1,05	tanpa trend
	November	0,4379	0,46	tetap
	Desember	0,3284	0,40	tanpa trend
Hujan Musiman	Jan-Mar	1,8459	0,24	meningkat
	Apr-Jun	0,9090	0,34	tanpa trend
	Jul-Sep	0,9062	1,27	tanpa trend
	Okt-Des	0,2059	0,37	tanpa trend
Hujan Tahunan		1,2769	0,25	tanpa trend
Hujan Harian Max		2,1590	0,31	meningkat
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	0,4548	0,87	tanpa trend
	2 jam	-0,7347	0,38	tetap
	3 jam	-0,6647	0,33	tetap
	4 jam	0,4198	0,42	tanpa trend
	5 jam	0,4548	0,42	tanpa trend
	6 jam	0,8746	0,68	tanpa trend
	7 jam	0,7575	0,55	tanpa trend
	8 jam	1,2769	0,49	tanpa trend

Tabel 5. Hasil uji Mann-Kendall (Batur)

	Keterangan	Z_{uji}	Cv	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	0,0000	0,31	tanpa trend
	Februari	-1,7423	0,34	menurun
	Maret	-1,1945	0,36	tetap
	April	0,8333	0,64	tanpa trend
	Mei	-0,8396	0,58	tetap
	Juni	-0,5947	1,14	tanpa trend
	Juli	-0,5355	1,37	tanpa trend
	Agustus	-2,3105	2,23	menurun
	September	-0,3295	1,32	tanpa trend
	Oktober	-0,4531	0,95	tetap
	November	0,0000	0,60	tetap
	Desember	0,5355	0,31	tanpa trend
Hujan Musiman	Jan-Mar	-2,3861	0,23	menurun
	Apr-Jun	-0,3787	0,42	tetap
	Jul-Sep	-1,3636	1,15	tanpa trend
	Okt-Des	-0,3030	0,33	tetap
Hujan Tahunan		-1,2156	0,25	tetap
Hujan Harian Max		-2,9038	0,26	menurun
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	-1,3994	0,33	tetap
	2 jam	-1,7842	0,41	menurun
	3 jam	-0,2798	0,37	tetap
	4 jam	-0,9796	0,30	tetap
	5 jam	-2,7988	0,30	menurun
	6 jam	-0,1399	0,30	tetap
	7 jam	-2,3105	0,38	menurun
	8 jam	-1,0495	0,37	tetap

Tabel 6. Hasil uji Mann-Kendall (Deles)

Keterangan		Z_{uji}	C_v	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	-0,1350	0,41	tetap
	Februari	-1,4233	0,31	tetap
	Maret	-1,7815	0,33	menurun
	April	0,4052	0,67	tanpa trend
	Mei	0,8333	0,69	tanpa trend
	Juni	-0,2471	1,25	tanpa trend
	Juli	-0,4119	1,59	tanpa trend
	Agustus	-0,7414	1,87	tanpa trend
	September	-0,2272	1,36	tanpa trend
	Oktober	-0,7954	1,06	tanpa trend
	November	-0,6178	0,54	tetap
	Desember	-1,9360	0,36	menurun
Hujan Musiman	Jan-Mar	-0,9854	0,26	tetap
	Apr-Jun	-0,9854	0,46	tetap
	Jul-Sep	-1,0298	1,05	tanpa trend
	Okt-Des	-0,9848	0,45	tetap
Hujan Tahunan		-1,4400	0,25	tetap
Hujan Harian Max		-1,9591	0,21	menurun
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	-0,0699	0,30	tetap
	2 jam	-2,3090	0,34	menurun
	3 jam	-2,2390	0,35	menurun
	4 jam	-0,6997	0,29	tetap
	5 jam	-1,1195	0,42	tetap
	6 jam	-0,8746	0,50	tetap
	7 jam	-2,1211	0,47	menurun
	8 jam	-2,3105	0,34	menurun

Tabel 7. Hasil uji Mann-Kendall (Gng. Maron)

Keterangan		Z_{uji}	C_v	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	0,2251	0,39	tanpa trend
	Februari	0,0000	0,41	tetap
	Maret	0,1094	0,52	tanpa trend
	April	-0,4948	0,61	tetap
	Mei	-1,8613	0,69	menurun
	Juni	-0,0900	1,14	tanpa trend
	Juli	-0,1350	1,13	tanpa trend
	Agustus	-0,1979	1,00	tanpa trend
	September	-0,7653	1,65	tanpa trend
	Oktober	0,0000	0,76	tanpa trend
	November	1,6825	0,46	meningkat
	Desember	0,6711	0,36	tanpa trend
Hujan Musiman	Jan-Mar	-0,6711	0,34	tetap
	Apr-Jun	-1,1876	0,55	tetap
	Jul-Sep	-0,0900	1,04	tanpa trend
	Okt-Des	1,5835	0,27	tanpa trend
Hujan Tahunan		0,0610	0,25	tanpa trend
Hujan Harian Max		1,1255	0,36	tanpa trend
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	-0,0450	0,60	tetap
	2 jam	1,0805	0,58	tanpa trend
	3 jam	1,4857	0,49	tanpa trend
	4 jam	0,4052	0,40	tanpa trend
	5 jam	1,2606	0,43	tanpa trend
	6 jam	0,2251	0,66	tanpa trend
	7 jam	-0,6303	0,77	tetap
	8 jam	1,1255	0,43	tanpa trend

Tabel 8. Hasil uji Mann-Kendall (Kemasan)

Keterangan		Z_{uji}	C_v	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	-0,1788	0,29	tetap
	Februari	0,0000	0,31	tanpa trend
	Maret	0,1220	0,57	tanpa trend
	April	-0,2057	0,56	tetap
	Mei	0,8914	0,76	tanpa trend
	Juni	-0,6100	1,25	tanpa trend
	Juli	-1,2591	1,86	tanpa trend
	Agustus	-1,9160	2,01	menurun
	September	0,0547	1,71	tanpa trend
	Oktober	-0,2737	1,10	tanpa trend
	November	0,0000	0,71	tetap
	Desember	-0,6185	0,32	tetap
Hujan Musiman	Jan-Mar	-1,2522	0,18	tetap
	Apr-Jun	0,0000	0,53	tanpa trend
	Jul-Sep	-1,0401	1,50	tanpa trend
	Okt-Des	-0,3577	0,37	tetap
Hujan Tahunan		-1,7723	0,28	menurun
Hujan Harian Max		-1,0392	0,25	tetap
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	-1,9300	0,59	menurun
	2 jam	-0,8907	0,40	tetap
	3 jam	0,0000	0,46	tanpa trend
	4 jam	0,6433	0,51	tanpa trend
	5 jam	-1,0887	0,63	tetap
	6 jam	-0,6928	0,63	tetap
	7 jam	-1,8805	0,89	menurun
	8 jam	-1,9677	0,66	menurun

Tabel 9. Hasil uji Mann-Kendall (Pakem)

Keterangan		Z_{uji}	C_v	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	-1,4857	0,41	tetap
	Februari	-0,8396	0,43	tetap
	Maret	0,2251	0,31	tanpa trend
	April	0,5852	0,50	tanpa trend
	Mei	-1,8124	0,58	menurun
	Juni	-0,2651	1,12	tanpa trend
	Juli	-1,0984	1,35	tanpa trend
	Agustus	-1,3636	1,68	tanpa trend
	September	0,0000	2,13	tanpa trend
	Oktober	0,0000	1,08	tanpa trend
	November	0,4948	0,43	tetap
	Desember	-0,7203	0,48	tetap
Hujan Musiman	Jan-Mar	-1,1945	0,30	tetap
	Apr-Jun	-0,2969	0,43	tetap
	Jul-Sep	-0,8650	1,43	tanpa trend
	Okt-Des	0,0000	0,35	tanpa trend
Hujan Tahunan		-1,3957	0,22	tetap
Hujan Harian Max		-0,9796	0,46	tetap
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	-0,2099	0,18	tetap
	2 jam	0,5947	0,30	tanpa trend
	3 jam	-1,0495	0,32	tetap
	4 jam	-0,7696	0,51	tetap
	5 jam	1,4344	0,47	tanpa trend
	6 jam	-2,3105	0,63	menurun
	7 jam	-2,1341	0,94	menurun
	8 jam	-1,8892	1,15	menurun

Tabel 10. Hasil uji Mann-Kendall (Randugunting)

Keterangan		Z_{uji}	Cv	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	-1,7558	0,35	menurun
	Februari	-1,0887	0,34	tetap
	Maret	0,8554	0,40	tanpa <i>trend</i>
	April	1,1122	0,62	tanpa <i>trend</i>
	Mei	0,4548	0,73	tanpa <i>trend</i>
	Juni	-1,6093	1,10	tanpa <i>trend</i>
	Juli	-0,6297	2,16	tanpa <i>trend</i>
	Agustus	-2,0291	1,62	menurun
	September	-0,3498	1,95	tanpa <i>trend</i>
	Oktober	0,4166	1,15	tanpa <i>trend</i>
	November	1,3957	0,71	tetap
	Desember	0,3959	0,41	tanpa <i>trend</i>
Hujan Musiman	Jan-Mar	-0,6753	0,30	tetap
	Apr-Jun	0,4052	0,33	tanpa <i>trend</i>
	Jul-Sep	-1,5043	1,60	tanpa <i>trend</i>
	Okt-Des	1,5151	0,47	tanpa <i>trend</i>
Hujan Tahunan		0,2251	0,28	tanpa <i>trend</i>
Hujan Harian Max		-2,2391	0,40	menurun
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	-1,0145	0,30	tetap
	2 jam	0,0000	0,43	tetap
	3 jam	0,5947	0,53	tanpa <i>trend</i>
	4 jam	-0,3498	0,36	tetap
	5 jam	1,4693	0,46	tanpa <i>trend</i>
	6 jam	1,3294	0,64	tanpa <i>trend</i>
	7 jam	-0,4548	1,09	tanpa <i>trend</i>
	8 jam	-1,4693	0,78	tetap

Tabel 11 Hasil uji Mann-Kendall (Sorasan)

Keterangan		Z_{uji}	Cv	Kesimpulan
Hujan Bulanan	Januari	-0,3151	0,32	tetap
	Februari	-0,3114	0,42	tetap
	Maret	0,4952	0,31	tanpa <i>trend</i>
	April	1,1255	0,45	tanpa <i>trend</i>
	Mei	0,7653	0,63	tanpa <i>trend</i>
	Juni	0,0000	0,96	tetap
	Juli	-0,3848	1,75	tanpa <i>trend</i>
	Agustus	-1,7142	2,27	menurun
	September	0,0000	1,24	tanpa <i>trend</i>
	Oktober	0,5355	0,92	tanpa <i>trend</i>
	November	0,0000	0,48	tetap
	Desember	1,0733	0,39	tanpa <i>trend</i>
Hujan Musiman	Jan-Mar	0,3050	0,28	tanpa <i>trend</i>
	Apr-Jun	0,6928	0,38	tanpa <i>trend</i>
	Jul-Sep	-0,5597	1,41	tanpa <i>trend</i>
	Okt-Des	1,2866	0,33	tanpa <i>trend</i>
Hujan Tahunan		0,5938	0,20	tanpa <i>trend</i>
Hujan Harian Max		-3,3236	0,34	menurun
Hujan Jam-jaman Max	1 jam	-0,2099	0,47	tetap
	2 jam	-0,9796	0,45	tetap
	3 jam	-0,4548	0,34	tetap
	4 jam	-1,8192	0,37	menurun
	5 jam	-0,9796	0,39	tetap
	6 jam	0,4898	0,70	tanpa <i>trend</i>
	7 jam	-1,0845	0,67	tetap
	8 jam	-1,8892	0,73	menurun

Sementara itu, apabila tingkat signifikansinya diabaikan dan hanya mengacu pada nilai Z_{uji} , dimana Z_{uji} positif berarti peningkatan dan Z_{uji} negatif berarti penurunan, hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan tahunan cenderung mengalami penurunan. Pada bulan Oktober-Desember (awal musim hujan) curah hujan umumnya mengalami *trend* meningkat kecuali di stasiun Batur, Deles dan Kemas. Pada Januari-Maret (puncak musim hujan) curah hujan umumnya mengalami *trend* menurun. *Trend* meningkat hanya terjadi di stasiun Argomulyo, Babadan dan Sorasan. Bulan April-Juni (awal musim kemarau) banyaknya stasiun hujan yang mengalami curah hujan dengan *trend* menurun relatif hampir sama dengan banyaknya stasiun yang mengalami curah hujan dengan *trend* meningkat. *Trend* menurun terjadi di stasiun Argomulyo, Batur, Deles, Gunung Maron dan Pakem. *Trend* meningkat terjadi di stasiun Babadan, Randugunting dan Sorasan

sedangkan di stasiun Kemas tidak terlihat adanya *trend*. Bulan Juli-September (puncak musim kemarau) didominasi curah hujan dengan *trend* menurun yang relatif lebih besar daripada musim lainnya kecuali di stasiun Argomulyo dan Babadan yang tidak menunjukkan adanya *trend*.

Hujan harian dan jam-jaman maksimum juga relatif menunjukkan *trend* yang menurun. Akan tetapi, di tiga stasiun hujan yang terletak di lereng barat Gunung Merapi yaitu Argomulyo, Babadan dan Gunung Maron justru memperlihatkan *trend* meningkat.

Dari hasil penelitian juga diperoleh bahwa durasi hujan yang mewakili kejadian hujan dengan kedalaman ≥ 50 mm adalah 5 jam untuk stasiun Gunung Maron, 6 jam untuk stasiun Argomulyo, Babadan, Kemas, Pakem dan Sorasan, dan 7 jam untuk stasiun Batur, Deles dan Randugunting seperti ditunjukkan oleh Tabel 12.

Tabel 12 Banyaknya kejadian hujan dengan kedalaman ≥ 50 mm

Stasiun	Banyaknya kejadian hujan ≥ 50 mm								Durasi yang mewakili
	1 jam	2 jam	3 jam	4 jam	5 jam	6 jam	7 jam	≥ 8 jam	
Argomulyo	5	25	23	29	31	25	21	50	6 jam
Babadan	5	5	15	18	18	21	13	39	6 jam
Batur	0	3	3	14	18	11	14	37	7 jam
Deles	0	6	12	15	18	11	22	58	7 jam
Gunung Maron	5	33	34	32	38	43	29	51	5 jam
Kemasan	1	9	8	7	9	10	7	24	6 jam
Pakem	0	0	5	8	4	11	7	18	6 jam
Randugunting	0	2	1	2	3	4	3	6	7 jam
Sorasan	1	4	2	3	2	3	1	8	6 jam

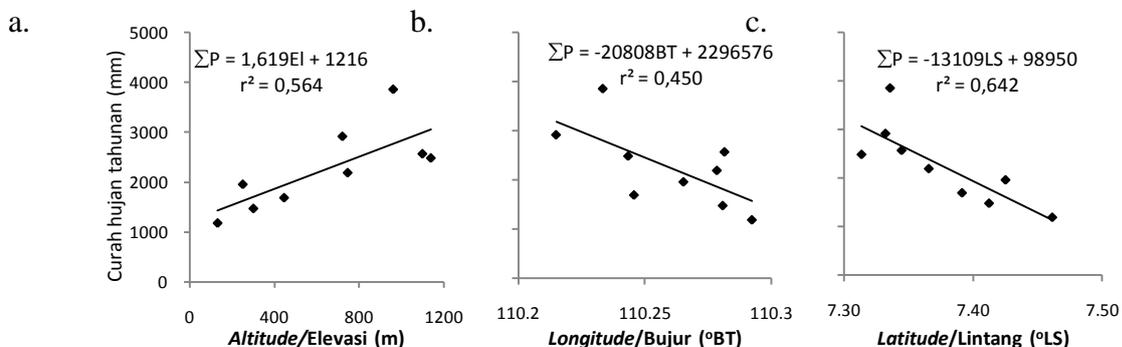
Variabilitas Spasial Curah Hujan

Pada bagian ini akan dibahas mengenai hubungan antara besarnya curah hujan kumulatif tahunan dan curah hujan harian maksimum dengan lokasi stasiun pencatat hujan tersebut. Lokasi stasiun hujan meliputi *altitude* (elevasi), *longitude* (bujur) dan

latitude (lintang). Lokasi stasiun hujan, curah hujan tahunan dan hujan harian maksimum ditunjukkan Tabel 13. Hubungan antara lokasi stasiun hujan dengan curah hujan kumulatif tahunan serta hujan harian maksimum rata-rata ditunjukkan Gambar 3 dan Gambar 4.

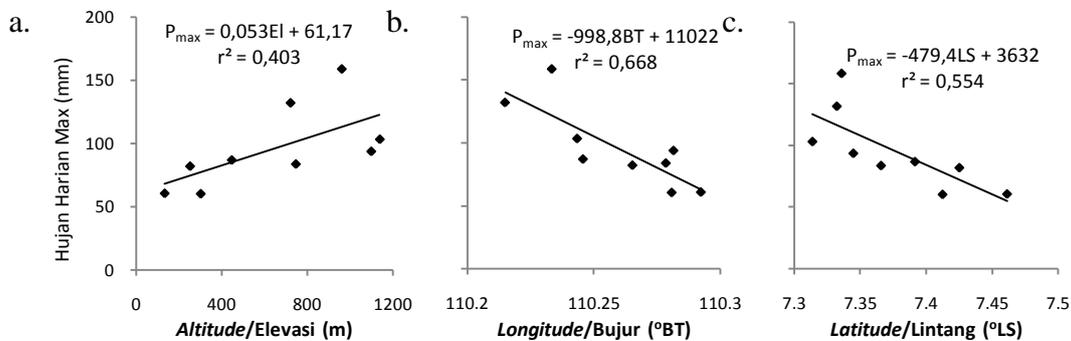
Tabel 13. Lokasi stasiun hujan dan besarnya curah hujan

Stasiun	Lokasi			Hujan	
	Elevasi (m)	Bujur Timur ($^{\circ}$)	Lintang Selatan ($^{\circ}$)	Tahunan (mm)	Harian max (mm)
Argomulyo	720	110,21499	7,33210	2915	132
Babadan	1138	110,24347	7,31357	2483	103
Batur	745	110,27850	7,36568	2190	84
Deles	1098	110,28150	7,34462	2568	94
Gunung Maron	960	110,23345	7,33568	3854	159
Kemasan	250	110,26530	7,42520	1958	82
Pakem	445	110,24578	7,39146	1691	87
Randugunting	131	110,29233	7,46146	1185	61
Sorasan	300	110,28080	7,41243	1476	60

**Gambar 3.** Hubungan lokasi stasiun hujan dengan curah hujan tahunan

Berdasarkan Gambar 3, tampak bahwa besarnya curah hujan kumulatif tahunan meningkat seiring dengan bertambahnya elevasi stasiun hujan yang diteliti. Sementara itu, semakin ke timur letak suatu stasiun hujan

semakin berkurang nilai curah hujan kumulatif tahunannya. Semakin ke selatan letak suatu stasiun hujan, curah hujan kumulatif tahunannya juga semakin berkurang.



Gambar 4. Hubungan lokasi stasiun hujan dengan hujan harian maksimum

Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa lokasi suatu tempat juga mempengaruhi besarnya hujan harian maksimumnya. Sama halnya dengan hujan kumulatif tahunan, semakin tinggi elevasinya, semakin tinggi pula hujan harian maksimum di suatu stasiun hujan. Akan tetapi, semakin ke timur dan ke selatan lokasi suatu stasiun hujan, hujan harian maksimumnya semakin berkurang.

Bertambahnya curah hujan seiring dengan bertambahnya elevasi suatu lokasi terjadi karena hujan di kawasan lereng Gunung Merapi bersifat hujan orografis. Angin yang dominan pada kawasan tersebut berasal dari arah barat daya (240°). Oleh sebab itu, hujan di lereng barat menjadi lebih besar daripada di lereng selatan. Sementara itu, fenomena banjir lahar dingin pascaerupsi Merapi yang lebih banyak terjadi di lereng barat daripada lereng selatan membuktikan bahwa curah hujan di lereng barat lebih besar daripada di lereng selatan Gunung Merapi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Berdasarkan uji Mann-Kendall dengan $\alpha = 5\%$, curah hujan di kawasan lereng Gunung Merapi secara umum tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Apabila signifikansinya diabaikan, curah hujan kumulatif tahunan cenderung menurun, curah hujan pada awal musim hujan meningkat, sedangkan curah hujan pada puncak musim hujan dan musim kemarau menurun. Sementara itu, hujan harian, hujan jam-jaman dan frekuensi kejadian hujan dengan kedalaman ≥ 50 mm menunjukkan penurunan.
2. Durasi hujan yang mewakili hujan dengan kedalaman ≥ 50 mm di sembilan stasiun hujan adalah 5 sampai 7 jam.
3. Semakin tinggi elevasi, semakin ke utara, dan semakin ke barat letak suatu titik di daerah penelitian curah hujan tahunan dan harian maksimumnya semakin besar.

Saran

Setelah dilakukan serangkaian kegiatan penelitian, maka saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya agar lebih baik adalah sebagai berikut ini:

1. Analisis perubahan curah hujan dilakukan tidak hanya berdasarkan data hujan dan sifat-sifat statistik melainkan juga berdasarkan faktor-faktor meteorology yang mempengaruhi proses fisik terjadinya hujan.

2. Perlu dilakukan prediksi/proyeksi karakter curah hujan di masa yang akan datang misalnya dengan metode *time series analysis*

DAFTAR PUSTAKA

- 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, 1435–1452.
- Boer, R., & Faqih, A. (2006). Characterization of Current and Future Rainfall Variability in Indonesia. *An Integrated Assessment of Climate Change Impacts, Adaptations and Vulnerability in Watershed Areas and Communities in Southeast Asia* (pp. 122-143). Washington: The International START Secretariat.
- Giorgi, F., Hewitson, B., Christensen, J., Hulme, M., Storch, H. V., Whetton, P., et al. (2001). Regional Climate Information – Evaluation and Projection. In *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of The Intergovernmental Panel of Climate Change* (pp. 583-638). Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Kundzewicz, Z. W., & Robson, A. (2000). *Detecting Trend and Other Changes in Hydrological Data*. Geneva: World Climate Programme.
- Naylor, R. L., Battisti, D. S., Vimont, D. J., Falcon, W. P., & Burke, M. B. (2007). Assessing Risks of Climate Variability and Climate Change for Indonesian Rice Agriculture. *Proceeding of National Academy of Sciences of the United States America*, Vol. 104, No. 19, pp. 7752-7757.
- Nursaleh. (2010). *Tesis: Analisis Ketelitian Rumus Empiris Intensitas-Durasi-Frekuensi Hujan untuk Hitungan Banjir Rancangan (Studi Kasus di Lereng Gunung Merapi)*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- UNDP. (2007). *Sisi Lain Perubahan Iklim (Mengapa Indonesia Harus Beradaptasi untuk Melindungi Rakyat Miskinnya)*. Jakarta: UNDP Indonesia.